R 36

香　川　大　学　農　学　部
（香　川　県　立　農　科　大　学）

学　術　報　告

第８巻　第１号（通巻第22号）

目　次

野田愛三・林甚太郎：水稲の早期及び晩期栽培における苗の根に関する研究　予報
苗の根量と吸水量の関係……1
深城貞義・近藤勝：稲の分蘖に関する研究　VII　稲及び麦の粉末比重より見たる物質転移について……8
桑田晃・山本喜良：甘藷のカロチノイド類色素の存在様式及びカロチン含有量……15
植木邦和：夜温処理に対する蚕豆の開花結実反応の品種間差異　II　夜温の差が蚕豆品種の花芽分化並びに登熟に及ぼす影響……19
前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究　序報……25
貯水池の環境について……36
水位，水温および透明度について……44
吉良八郎：かんがい用貯水池の堆砂に関する研究　II　静水中における砂礫粒子の形状と沈降速度に関する一実験的考察……57
III　神内上池における堆砂の層理について……65
IV　奥の堂池における堆砂の層理について……76
前川忠夫・吉良八郎・脇谷武：水理模型実験報告　III　満濃池余水吐について……80
野呂癸巳次郎：土壌の反応並に各種成分がオリヴの成育に及ぼす影響　II
Ca, Mg, Kのオリヴの成育に及ぼす影響……91
野呂癸巳次郎・八村馥江：果物のWaxingについて……100
内藤中人・石井清隆・岡崎富栄：2,4-D散布回数と稲胡麻葉枯病発生との関係……110
谷利一：柿炭疽病菌の培地上の性質並びに同菌有傷接種による柿果上での病斑進展と分生胞子形成の品種間差異について……115
松沢寛・野崎伸夫：アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究　XIV　被寄生寄主の摂食活動……121
松沢寛：アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究　XV　被寄生寄主の頭巾並びに寄生蜂脱出後の寿命について……124
松沢寛・甲斐重徳：アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究　XVI　成虫の性比について……129
星川玄児：土壌浸出液中硫酸根の比色定量法……133

１９５６年　１２月
香　川　大　学　農　学　部
香川県木田郡三木町

香川大学農学部(香川県立農科大学)学術報告

第 8 巻　第 1 号(通巻第22号)

1956年12月発行

この学術報告は本学部の各研究室の業績を発表するために発行するもので，国内国外の関係諸機関と交換を行う．1年度につき1巻とする．第1巻は「香川県立農業専門学校研究報告」として1949—50年に3号発行された．第2—7巻は「香川県立農科大学学術報告」として年3回ずつ発行された．この度国立移管に伴い誌名を変更し，巻号数は連続させた．交換に関しては香川県木田郡三木町香川大学農学部 科学研究委員会あてに照会されたい．

Technical Bulletin of Faculty of Agriculture, Kagawa University (Kagawa Agricultural College)

(Formerly Technical Bulletin of Kagawa Agricultural College)

Vol. 8, No. 1 (Serial No. 22) (December, 1956)

This Technical Bulletin is published by Faculty of Agriculture, Kagawa University (Kagawa Agricultural College) for exchange with publications of the agricultural and other organizations of the world. This Technical Bulletin contains contributions from the laboratories of agronomy, horticulture, and agricultural chemistry. Each of the former volumes consists of three numbers, beginning with vol. 1 (1949-50). Correspondence concerning the exchange of publications should be directed to Editor, Technical Bulletin, Faculty of Agriculture, Kagawa University, Mikityô, Kagawa-ken, Japan.

水稲の早期及び晩期栽培における苗の根に関する研究

予報　苗の根量と吸水量の関係

野　田　愛　三，　林　甚　太　郎

Studies on the root of seedlings in an early and a late cultures of rice plants. Preliminary report.

Relation between the amount of root and the volume of absorbed water in rice seedlings

Aizo NODA and Jintarô HAYASHI (The First Laboratory of Crop Sience)

(Received September 19, 1956)

I 緒　　言

わが国の西南暖地における気象災害中，台風に伴う風水害は最も大であると考えられている．台風災害の回避の上から又西南暖地は比較的高温なるため水田多毛作，土地利用度の向上の必要から稲作栽培期間の移動に関しては古くより幾多の研究が行われている．

1944年鷹田快夫氏等(2)に依り水稲栽培期の可動性と水田輪作に就いての業績が発表せられ，この種の研究に一転期が画された．次いで農林省において西南暖地等の水田生産力増強事業としてこれ等に就き試験研究の助長，栽培奨励の方策がとられ，関係方面の熱心なる協力と進歩的農家の実践に依つて，水稲の早期及び晩期栽培は年と共に順調なる増加発展を見つゝある．

然るに早期，晩期の栽培は普通栽培に比して本田の生育期間が短い特長がある．

1952年香川県におけるこれ等の栽培地を多数観察した処に依れば，水稲の早期栽培においては比較的低温期に当るため移植後の活着及び初期生育が緩慢で，晩期栽培において晩播晩植はもちろん，仮植に依る場合も7月下旬より8月上旬に移植が行われる関係上，高温多照の天候下，植傷みが甚だしいものが多数あることを確認した．

寒冷地北海道において近年苗舟を用いる土付苗の利用が行われ，亜熱帯台湾において高温多照時の移植に際し古くより秧船を用いる土付苗の利用が普及して，共に植傷みの軽減，活着の促進に効果が上げられていることが伝えられている．

ここにおいて西南暖地における早期及び晩期栽培においても何等かの活着促進の方法がとられたならば生産力増強の上において有意義なりと考察するに至つた．

1953年より引続いて農林1号，陸羽132号， 藤坂5号等の品種を用い，土付苗，無根苗を普通慣行の苗抜取り方法に依るものを標準として栽培の実験を行うと共に，特に苗の根量と吸水量等に対し若干の成績を得るに至つた．尙従来苗の素質としては地上部の組成に対しての研究は多いが，苗の根の持つ性状に就いての研究は少ないように思われる．

農林1号を用いた場合の若干の成績を予報として発表する． 尙この成績の1部は日本作物学会111回講演会で発表した．

II 実験材料及び方法

実験材料：本学附属農場生産の水稲農林1号

実験の種類及び方法

a　圃場実験

	早期栽培	晩期栽培
苗代様式	保温折衷苗代	折衷苗代

播種期	3月25日	6月15日
播種量	1合播	1合播
苗代肥料(坪当)	N, 10匁,	N, 2匁
	P_2O_5 5匁	P_2O_5 5匁
	K_2O, 10匁	K_2O 10匁
苗令	5.5平均	5.5平均
本田肥料(反当)	N, 2,030匁	N, 1,600匁
	P_2O_5 2,000匁	P_2O_5 1,600匁
	K_2O 2,180匁	K_2O 3,100匁
栽植密度	9寸×4.5寸	9寸×4.5寸
1株本数	1本植	1本植
1区面積	0.6坪	0.6坪
区制	4聯制	4聯制
実験区別	a 土付苗区	a 土付苗区
	b 標準苗区	b 標準苗区
	c 無根苗区	c 無根苗区

土付苗は直径4糎，深さ10糎の鉄製無底円筒にて苗の根を土付のまゝ抜取つたものとし， 標準区は普通の慣行法に依り抜取つたもの，無根区は根部を丁寧に鋏を以て剪除したものを用う.

b ポット試験

上記苗代の苗が平均5.5葉に達した時，ワグネルポット2万分の1反に1本植3個体宛を移植，施肥量1鉢当りN, P_2O_5, K_2O各々1瓦宛.

c 吸水量測定

容量600ccの吸水計を用い，予備実験の外は温度変化に依る水の容積の変化を是正するため， 別に設けた区に依つて見かけの数値を補正した. 各区共に4聯制とした.

第2図写真参照. 但し測定中は黒紙を覆い根部を暗黒とした.

Ⅲ 実験成績

第1表 A. 水稲早期栽培における1株穂重比較 1953〜1955

水稲農林1号供用 以下同様

	1株穂重(g)	無根区	標準区	土付区
無根区	19.80	—		
標準区	21.05	1.25	—	
土付区	24.87	5.07***	3.82***	—

備考 1. 各年1区 80株平均

2. 有意標準 1% 水準***…4.667, 5% 水準*…2.815

B. 水稲晩期栽培に於ける1株穂重比較 1955

	1株穂重(g)	無根区	標準区	土付区
無根区	16.38	—		
標準区	18.48	2.10	—	
土付区	23.53	7.15***	5.05***	

備考 1. 有意標準 1% 水準***…3.36, 5% 水準…2.22

第2表　根量と吸水量

10本当り吸水量cc.　硝子室内

予備実験　A　・　5月21日　1955

測定時刻 / 区別其他	午前6時～午前9時	午前9時～10時30分	10時30分～午後1時	午後1時～3時	午後3時～午後6時
土付苗根洗滌区 (a)	0.56	**2.41**	2.56	2.15	0.71
無　根　区 (b)	0.36	0.33	0.39	0.39	0.42
(a)/(b)	156	**730**	656	5.51	169
水　温 C°	18.0	20.0	22.3	22.4	21.0

予備実験　B　　6月10日　1955

測定時刻 / 区別其他	午前5時～午前9時	午前9時～正午	正午～午後2時	午後2時～午後4時	午後4時～午後6時	午後6時～午後9時
土付苗根洗滌区 (a)	1.01	**4.76**	5.86	5.31	3.23	0.80
無　根　区 (b)	0.16	0.21	0.56	0.60	0.74	0.30
(a)/(b)	631	**2266**	1046	885	687	267
水　温 C°	22.9	26.0	28.0	28.0	26.5	20.8

備考　1.　吸水量測定は井戸水に依る　PH6.8,

EKO　micro-pyrometer に依る　氷点降下－0.28C°　次表も同様

2.　温度に依る水の容積変化の補正を行わず.

3.　各区 4聯制.

4.　苗令　5.5.

第3表　根量と吸水量

7月30日　（1日目）　　10本当り吸水量　cc　硝子室内

測定時刻 / 区別其他	午前10時40分～正午	正午～午後1時	午後1時～午後2時	午後2時～午後3時	午後3時～午後4時	午後4時～午後5時	午後5時～午後6時
土付苗根洗滌区 (a)	**4.72**	4.16	3.68	3.20	3.08	2.50	2.20
標　準　区 (c)	1.66	1.88	**2.12**	1.82	1.82	1.68	1.66
無　根　区 (b)	0.26	0.26	0.26	0.40	0.36	0.30	0.42
比　率 (a)	284	221	173	175	169	149	132
(c)	100	100	100	100	100	100	100
(b)	16	14	12	22	20	18	25
水　温 C°	33.8	35.5	37.5	37.7	36.5	34.5	34.5

7月31日　（第2日目）

測定時刻 / 区別其他	午前9時～午前10時	午前10時～午前11時	午前11時～正午	正午～午後1時	午後1時～午後2時	午後2時～午後3時	午後3時～午後4時	午後4時～午後5時	午後5時～午後6時
土付苗根洗滌区 (a)	2.58	3.06	**3.76**	2.82	2.80	2.86	2.56	1.78	1.20
標　準　区 (c)	1.16	**1.60**	1.42	1.40	1.08	0.98	1.02	1.00	0.98
無　根　区 (b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
比　率 (a)	222	191	265	201	259	292	251	178	122
(c)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
(b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
水　温 C°	30.0	34.0	35.8	37.7	39.2	40.0	40.4	40.8	38.4

備考　(1)　温度差に依る水の容積変化は別に設けた区に依つて水温33.8°Cを標準として補正を行つた.

(2)　10本当りの根の乾物重a区0.16gr，c区は1.0gr,b区は丁寧に剪除.

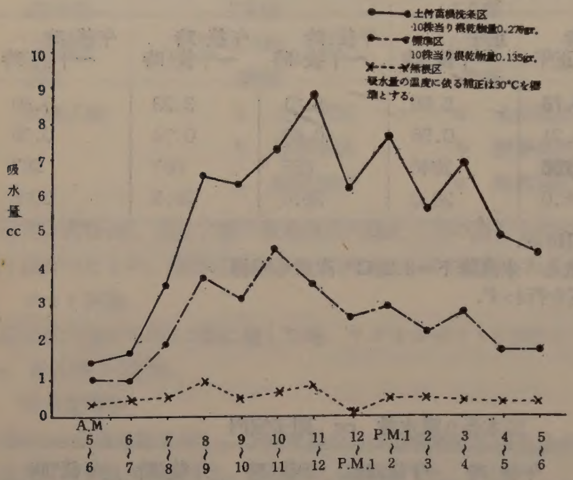
(3)　植傷みはa区は極少，c区は少，b区は植傷み激甚で第2日目には給水殆ど行われず.

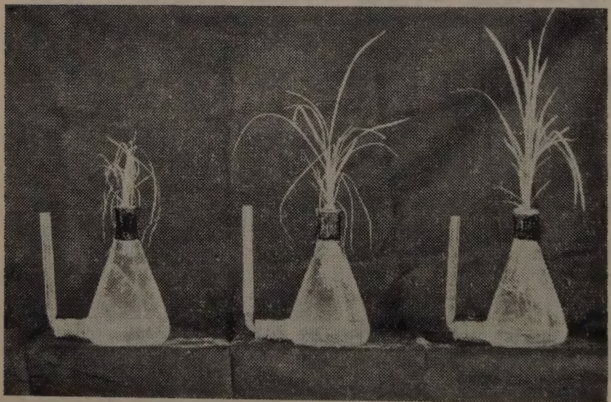
第4表　水中及び土中（施肥水田土壌湛水中）における苗の根量と吸水量

8月5日　1955
10本当り　cc　硝子室内

測定時刻 / 水中，土中の別 / 区別	午前10時～正午		正午～午後2時	
	水中	土中	水中	土中
土付苗根洗滌区	8.64	4.91	8.64	6.71
標準区	6.71	4.05	6.71	5.96
無根区	1.69	1.05	2.23	2.93

第1図　苗の根量と吸水量の日中変化　8月3日　1955



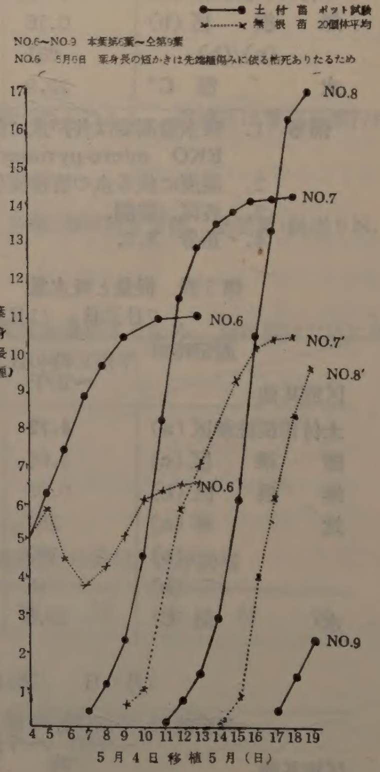


b 無根苗区　　c 標準苗区　　a 土付苗根洗滌区

第2図　吸水実験における各区の日中における葉の萎凋状況　8月3日　1955

第3図　早期栽培移植後各葉身生長曲線

1955



Ⅳ　実験結果の考察

苗の根の剪除に関しては幾多の研究があるが，最も注目すべきは松田清勝氏[6]に依る場合であろう．即ち氏は根部を剪除したものはその程度に従つて植傷みの現象がいちじるしいが冠根の発生が旺んで活着は容易としたが，生育及び収量の点から早生種は苗の根部の切断を可及的少からしめるよう丁寧に行う必要があり，中晩生においては

かかる注意を以て行う必要なきものと結論されている．

然し早生種においても植傷みが初期生育に及ぼす影響が精しく追跡されず，苗の根の持つ性状に対しては検討が行われていない．

水稲の茎葉水分の日変化に就いては古賀正己氏等[5]の実験が行われ，葉面蒸散量，吸水量の測定は時間的に調査されているが生育後期の作物が取扱われて，初期生育の場合及び根の量との関係が検討されていない．

本実験において苗の処理を3様とし，土付苗，標準苗，無根苗の比較が行われた．

本報には農林1号の場合のみの成績であるが他の品種も同様な傾向が認められた．

1953年より1955年の3ケ年平均で1株穂重を比較すると第1表に示されたように土付苗区が標準区， 無根区に比して1%の水準で明らかに重きを示し，1955年のみであるが晩植栽培においても4聯制として統計処理を行つた処同様に1%水準で有意の差あるを示した．

標準区と無根区では5%水準の範囲内では有意差が見られなかつた．

かかる土付苗が増収の傾向のあることを推知し得たのは，土付区で植傷みが少く，他区に比し草丈，分蘖生長が速かであつたことが，生育期間の短い早期及び晩期栽培で好ましき結果を示したように考えられる．

1例として1955年のワグネルポットに依る早期栽培における葉位別伸長状況の比較を行つた第3図を見るに，無根区では第6葉葉身の先端が枯死して植傷みとして表われ， 且第7葉の出葉始めは2日， 第8葉は3日の遅延が土付苗に比して認められるのみならず，各葉共に生育が劣つたことを示している．

嵐嘉一氏，江口広氏[1]は水稲の葉の発育経過で移植期に植傷みは殆んど認められなかつたのに不拘，第6葉及び第7葉の緩慢な伸長の行われたのは，苗代末期の肥料不足及び移植操作に関与せるものと考えられている．

これら第6葉，第7葉，第8葉が土付苗の場合と無根苗の場合伸長に大なる差のあつたことは苗の持つ根の働きが如何に大であつたかを示すものと云い得るであろう．

以上は単に移植後初期出現葉のみに就いてであつたが1週間毎の草丈伸長曲線，更に分蘖増加曲線においても各区の 間に相当なる差異があり，出穂期においても土付苗区は平均標準区に比し約1日，無根区に比べると2日以上の促進が調査されている．

土付苗区が斯の如く迅速且良好な生育を示した原因として次の如く考えられるであろう．即ち (1)土付苗は根の量が他区に比べて多く，水分の必要量を吸水するに反し，無根区では葉面蒸散に依る水分損失量に対しても吸水量が少く，体内水分のバランスの失調のため葉身の枯死を来し，体内養分の損失も亦大となり，炭素同化の葉面積も小となり，其後の葉の伸長が晩くなるばかりでなく新葉が狭小となる結果を来たしたように思われること．(2)土付苗は根の先端及び根毛が損傷少く，土壌と根との所謂 Contact relation において他区に優れりとみられること．(3)苗の根の養分吸収，及び根それ自体の持つ有機，無機養分の生理的の働きが想定せられること等である．

茲においてまず根の量と吸水量の関係を求めんとして1955年に行つた実験の1部が第2表，第3表に示される．

この場合土付苗根洗滌区は丁寧に水洗して可及的に根部の損傷を少くしたもので，標準区は普通の苗取の方法に依つたもの，無根区は根を剪除したものである．

第2表の予備実験に依る と土付苗根洗滌区は5月21日， 水温18°Cより22.4°Cの範囲内で 午前9時より10時30分までで無根区の 7.3倍を 示し， 6 月10日では水温は比較的高かつたが午前 9 時より正午までの土付苗根洗滌区は無根区の約22.6倍に達し，無根区では植傷みが甚大に起された．

第3表では標準区の吸水量に比較して，土付苗根洗滌区は7月30日第 1 日目において1日日中の平均1.9倍に達し，無根区は標準区の場合の僅かに18%に過ぎなかつた．

7月31日第2日目では1日日中平均で土付苗根洗滌区は標準区の約2.1倍に達した．

無根区は第1日目より地上部の萎凋甚だしく，第2日目は枯死状態となり吸水は殆ど行われなかつた．尚標準区は地上部の損傷は小で，土付苗根洗滌区は殆ど損傷が認められなかつた．

第1図は8月3日に同様な吸水量の比較を行つたもので，1時間毎に，早朝から夕刻まで各区につき測定せる結果を図示したものである．本実験に用いた根の量は乾物量として比較した場合， 土付苗根洗滌区は標準苗の場合の2.1倍を示したが，根の量と吸水量の間には密接な関係のあることを示したものと云えよう．

吸水量の日中の変化は朝，夕に少く午前10時頃より正午頃に最大の吸水を示した場合が多く，古賀正己氏等[5]の生育後期の日変化の成績と相似た傾向のあることを示した．

然しながら無根区の吸水状態は他区と異なつた状態を示していることは注意すべきであろう.

小田桂三郎氏[7]は吸水のメカニズムについて述べられているが，土付苗根洗滌区と標準区では吸水が日中では主として葉面蒸散の盛んな受動的吸水に依る処が多かつたと認められたに反し，無根区では植傷みに依り葉は萎凋甚だしく，葉鞘の膨圧を失つて曲るものすら認められ，受動的吸水の割合が比較的少かつたように思われた.

以上の吸水の調査には井戸水が用いられ，PHは平均6.8を示し，熱電対EKO micro Pyrometer に依る凍結温度は−0.28C°でこれに相当する物質が含まれているものであつた.

圃場施肥土壌を湛水状態とした場合と井戸水に依る場合の吸水量を比較したが，両者の吸水量には関係が深く，根の根量と吸水量は密接な関係にあることを示した.

第4表に示した成績は実験の反覆回数が少く，液の濃度の各段階に依る苗の根量と吸水量の変化の追及も今後更に実験を要するであろう.

苗の根群の各根，特に新と旧の根について熱電対に依る根の皮層部の結氷温度を比較したがこれらの変異は相当に大であつた.

更に同様に新，旧別に根の無機分の組成を検討したが，灰分中特にP_2O_5及びK_2Oの含量の変化が多きことを知り得た．これ等は予備的な実験であるが，今後詳細な研究の1つの手掛りになるであろうことを付記したい.

苗の根の持つ有機，無機の組成を根の発育段階に分ちて追跡して，これ等の生理的働きを確めることも今後の重要な研究課題であろう.

本報において土付苗に依り，水稲の早期及び晩期栽培において増収の見通しを付けることができるように思われるが，土付苗を用いる場合の移植の労力は実際問題として多くを要する欠点がある.

更に若苗を用うるとか，土付苗の根を丁寧に洗滌して苗の根量を多量とした場合を今までの3区の外に設けて比較検討するなど実際技術の確立のためには尚工夫を要する点が多い.

又岡山県の一部，藺栽培跡で行われているように，水稲の晩期栽培で夜間の移植が行われ活着が速かであると云われている.

このような夜間において移植を行つた場合,以上のような比較各区の生育がどのように変るか,換言すれば苗の根の持つ働きがどのように現われるかを，日中の移植の場合と比較して検討することも必要であるように考えられる.

摘　要

本研究は1953年より香川農科大学の実験圃場で，稲の苗の根の持つ生理的役割を明らかにせんがために行われた.

実験は3区からなり，1）土付苗区 2）普通の抜取りに依るもの，標準区及び 3）無根区であつた.

供用の品種は農林1号で次の結果を得た.

1．水稲の早期及び晩期栽培で土付苗を移植した場合には他の区の場合よりも，葉の損傷が少く，より速かに生長した.

2．土付苗の根量（丁寧に水洗）は乾物量で標準区の1.6倍から2.2倍であつた.

井戸水（PH　6.8，氷点降下0.28°Cに相当する物質を含んだもの）の吸水量は，土付苗の場合，標準区の1.9倍から2.2倍を示した．故に移植後の吸水量は苗の根量と密接に関係していると云えよう.

3．苗の根の根量と吸水量の関係は井戸水の場合と施肥した水田土壌の湛水の場合と同様な傾向が認められた.

4．1953年より1955年の圃場実験の結果に依つて，早期及び晩期栽培では，生産力を増大する上において移植後の植傷みを少くし，苗の再生長を迅速にすることが重要であると云い得るであろう.

主要参考文献

(1) 嵐　嘉一，江口　広：水稲の発育経過に関する研究（第1報）葉身並に葉鞘の発育経過，日本作物学会紀事，23 (1)，21−25（1954）.

(2) 鳶田快夫，末沢一男，白井勇：水稲栽培期の可動性と水田輪作に就て，香川県農業改良課，（1944）.

(3) 鳶田快夫：水稲の早期栽培と晩期栽培，養賢堂（1954）.

(4) 近藤頼己：西南暖地に於ける水稲の早期栽培，農業及園芸，30 (1)，13−16（1955）.

(5) 古賀正己，西山　昇：水稲の水分日変化に関する実験，農業及園芸，7 (1)，23−35（1932）.

(6) 松田清勝：水稲挿秧に際し二三の操作が其の初期生育並びに収量に及ぼす影響（其の一）根部剪除に関する試験，日本作物学会紀事，11 (1)，91−100（1939）.

(7) 小田桂三郎：作物の吸水及び吸水力作物の生理生態，274−282　朝倉書店（1955）.

Résumé

The present studies have been carried out to make clear the physiological role of root in rice seedlings from the season of 1953 at the experimental farm of Kagawa agricultural college.

Experiments were made by rice seedlings in three lots, i. e., 1) seedlings piched up with adhered soil, 2) seedlings piched up usually, standard lot, and 3) seedlings without root.

The variety "Norin no. 1" was used, and the following results were obtained from the experiments.

1. Both in an early and a late rice culture, the seedlings adhered with soil were when transplanted, less injured in their leaves and became virid more faster than the seedlings in the other two lots.

2. The seedlings adhered soil included 1.6~2.2 times at the dry weight as much root as those in standard lot.

The absorption of water (PH6.8, containing materials corresponding to freezing point deppresion of 0.28°C) by the seedlings adhered soil was 1.9~2.2 times as high as that of standard, while the seedlings no root showed only 18% of the standard.

Therefore, the volume of absorbed water directly after transplanting seems to relate intimately to the amount of root of the seedlings.

3. The relations between the amount of root and the volume of absorbed water seems to be similar with well water and the dressed and irrigated paddy field soil.

4. By the field test from 1953 to 1955, it seems to be very important for the increase of producibility in an early and a late culture of rice plant, decrease the leaf injury and hasten the regrowth of the seedlings after transplanting.

稲の分蘖に関する研究

VII 稲及麦の粉末比重より見たる物質転移に就いて[1]

深城貞義，近藤　勝

The investigation on the tillering of rice plants(*Oryza sativa*).

VII. Upon the translocation of the plant-substance in the age of earing from the point of the specific powder gravity of rice, wheat and barley plants.

By Sadayoshi FUKAKI and Masaru KONDO (Laboratory of Plant Physiology and Ecology)

(Received September 19, 1956)

I 緒　　言

筆者等は前実験に於いて分蘖の出現増加に伴い各稈の物質充実度の変化模様をほぼ明白にしたのであるが[3.2.1]，尙分蘖子の出現後出穂並に其後の完熟迄物質は如何に転移するかを検べる事は稲の分蘖生理学上重要であると共に応用上に於いても亦極めて有意義である．仍て著者等は稲及麦について各部の組織粉末比重を測定し尙出穂から穀粒の完熟迄の粉末比重をも測定して物質の転移模様の一端を解明せんとする次第である．実験は未だ完璧を期し難いのであるが，著者の一人が本研究室転出の都合上一応纒めて報告することとする．

II 実験材料及方法

a　実験材料

水稲（晩生香川35号）小麦（農林26号）裸麦（三保珍子）

b　実験方法

粉末製作の為に採取せる材料は稲及び麦類共に夫々同一の日に出穂せる材料に印をなし出穂後3日目毎に採取し其粉末比重を測定した．比重測定方法は深城の前両実験の方法によつた[1,3]．

尙水稲の出穂前後の株については分蘖次位別に各分蘖稈の比重をも検べた．粉末調製用の材料は各10本の稈から随意に採つた．

III 実験結果

A　水稲各部の粉末比重

i）葉身及び葉鞘

第一表によれば葉身の粉末比重は第3及び第4葉にて最高を示す．葉鞘についてやや下方第4及び第5葉鞘にて最高を示す．葉鞘の最高比重は葉身のそれよりやや下方にあるらしい．

第一表　稲の葉身及び葉鞘の粉末比重

葉位（上より）	1∴	2	3	4	5	6
葉身	0.438	0.438	**0.447**	0.446	0.425	0.416
葉鞘	0.404	0.385	0.385	**0.435**	0.417	0.389

∴印　止　葉

(1) 香川県立農科大学植物生理生態学研究室業績第9号

ii）分蘖次位別節間の粉末比重

第一図によるに３次分蘖の節間は最高を示す．一次分蘖のそれは一般に低い．一次分蘖間にては２号分[illegible]最も高く後期出現のもの程低い傾向である．此点は前実験にて幼い株の稈別に測定せる結果とほぼ傾向は等しい．幼苗期の粉末比重型曲線[3]と節間の比重とほぼ類似せる事は注目に値する．

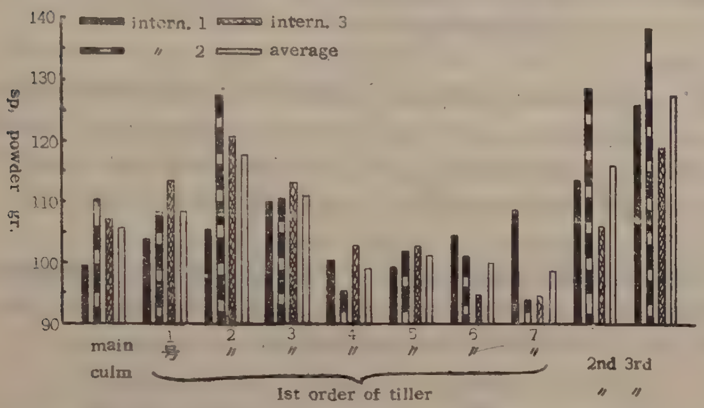


Fig 1 Sp. powder gr. of internode of culm of tillers which was measured orderly. It was measured in earing-period.

B 穂の充実に伴う各部物質の転移消長

第一 稲の粉末比重

i）穂の果梗及び節間との関係

Fig. 2 aによるに出穂並に開花前期においては穂の比重は多少低下気味にある．果梗も穂と稍々並行的に低下の傾向をとる．節間１は最初は穂と同様の傾向をとるも乳熟初期より急に穂のそれと反比例的に低下を示す．節間２及び３は漸減の傾向をとる．

穂の比重は乳熟期頃から急に上昇を始め糊熟期始め迄上昇を継続し糊熟期に於いて余り増減なく一時停頓状態にあり黄熟期に至つてやや上昇し完熟期に至つている．

ii）穂と葉身との関係

Fig. 2 bによるに，先づ葉身の位置については上より数えて測定せるもので，第一葉身は止葉を表わし第２葉身は其下位のものを表わし以下同様である．葉身間の比重については上位のもの程比重は高く下位のもの程漸次低下の傾向を示す．換言せば穂に近いもの程比重は高い様である．第３葉身及び第４葉身は出穂期から成熟期間中漸次比重は低下の傾向をとる．第２葉身及び止葉の比重は余り変動は認められないが全般的に見て多少の上下はあるも穂の上昇に反して漸減の傾向が認められる．

iii）穂と葉鞘との関係

Fig. 2 cによるに，葉鞘相互間について見るに上部第１及び第２葉鞘は下部３及び４に比して稍々比重は高い様である．何れの葉鞘も略同様に出穂並に成熟に伴つて漸次低下の傾向が明かに認められる．

Fig. 2 dによるに（葉身，葉鞘及び節間の各曲線は夫々ａ，ｂ及びｃ図に於ける平均の値を示すのであるが），

i）葉身及び葉鞘の比重曲線は大体漸減の傾向を示す．葉身の比重は常に葉鞘より高位にある．

ii）果梗の比重は葉鞘のそれとほぼ近似の値を示し節間のそれよりも多少低い様である．（ａ図参照）．

iii）節間の比重曲線は開花期に於いてやや上昇せるも乳熟及び糊熟期の穂の比重の上昇期には反比例的に低下し黄熟期前後に再び多少上昇を示し穂の充実末期と対蹠的傾向を示せる事は注目に値する．

第二 小麦の粉末比重

i）穂と果梗及び節間との関係

Fig. 3 ａによるに穂の比重が低下せば果梗も多少低下し穂の開花期（穂の比重停頓せる時期）には果梗の比重は急に上昇を示し穂の充実期（乳熟）には低下の傾向をとる．穂の比重曲線と果梗のそれとは大体逆比例的傾向がある事が認められる．

節間の比重は果梗のそれに比して大体多少大であるが，ほぼ果梗のそれと一般的に類似の傾向が認められる．

ii）穂と葉身との関係

Fig.3 bによるに穂の出穂期には葉身の比重は一時的に増大している．上位の葉身程比重が高い．葉身の第3及び第４の比重は開花期以後大体漸次低下の傾向をとる．然れ共穂の充実停頓期には一時的に多少上昇の傾向が認められる．第一葉身（止葉）の比重経過を見るに開花期に於いて一般的に上昇し穂の乳熟期（充実期）以後は漸次低下の傾向を示す．他の葉身も大体同様である．

iii）穂と葉鞘との関係

Fig. 3 cによるに，葉鞘の比重は時期的には多少の起伏はあるも概して穂の充実期以後は漸次低下の傾向が認められる．開花初期に於いて葉鞘第3及び第4にて急に上昇せる事は特に意義あるもののようである．第2葉鞘にても穂の充実以前までは漸次上昇の傾向をとれるも，其以後は漸減の傾向をとる．

iv）穂と葉身，葉鞘，及び節間との関係

穂の出穂並に開花期（物質の停頓状態）に於いては一時的に節間は急な上昇を示す．其後一時節間は停頓状態を示し穂の充実期に入るや一時的に降下を示し穂の停頓状態となるや一時的に上昇するも以後急低下を示す．穂の糊熟期に於いては穂の比重は外見的には上昇が起らず物質は停頓状態にあるらしきも乳熟期の以後は葉身，葉鞘及び節間の比重の急に低下せる事は完熟迄これ等の部から物質の転移が起りつゝある事を意味するものと認められる．

第三　裸　　麦

Figs. 4 a～dを概括して見るに穂の比重曲線は出穂及び開花期には多少低下若くはほぼ水平に進み其後は漸次上昇している．葉身，葉鞘並に節間に於いて部分的には多少の上下を示すも概して低下の傾向が認められる．概して穂の比重と葉身，葉鞘及び節間のそれとはほぼ逆比例的傾向が認められる様である．

論　　　　議

上述の結果から各植物に於ける粉末比重の消長及び物質の充実状態はほぼ明瞭になつた様であるが，尚Figs. 2～4を比較検討して，物質の転移模様を吟味する必要がある．

a）穂の充実模様

水稲について穂の比重の増大模様をFig. 2について見るに次の4期に別けて考える方が有意義の様である．

第1期　出穂及開花後期（第一停頓期）

第2〃　乳熟期（充実期）

第3〃　成熟期若くは糊熟期（第二停頓期）

第4〃　黄熟及び完熟期（充実終止期）

次に小麦についてFig. 3を見るに水稲とほぼ類似の4期を認めることが出来る．

裸麦については一般的に穂の比重はほぼ漸増の傾向なるも第1期即ち第一停頓期は認められるも只第2期及び第3期の境は明白ではなく，両者は一緒に現われているらしい．然れ共水稲及び小麦に於ける4期が漠然と認められる．上記の4期の内停頓期とは穂の比重増大が緩慢なる時期で，充実期とは穂の比重は急に増大せる時期を意味する．

b）穂の比重曲線と節間，葉鞘及び葉身のそれとの関係

Fig. 2及びFig. 3 dに就いて見るに穂の停頓期には其直後に一時的に節間の比重は上昇する．第一停頓期には水稲及び小麦共に同様である．水稲にては第二停頓期直後にも僅かな上昇が認められる．然れ共黄熟期に於いて稲及び麦類の曲線は必ずしも一致しないのは水稲と小麦とに於ける穂の充実模様が異なる為と思われる．

葉鞘及び葉身についても節間に於けるとほぼ類似の消長が認められる．

裸麦の穂と節間，葉鞘及び葉身との関係に就いては一般的に穂の比重は漸次上昇している．節間及葉鞘のそれは途中多少曲線の起伏があるも概して漸次穂の上昇と逆に低下の傾向が認められる．仍て裸麦に於いても水稲及び小麦に於けるとほぼ同様に穂の充実期並に成熟期には大体他部から多量の物質の転移が行われるものと認められる．

物質の転移問題

比重曲線の上昇又は下降関係によつて物質の転移状態を考察する事は非常に興味深い事である．先づFig. 3 dによつて穂の物質の第一停頓期を見るに穂の比重曲線はほぼ水平状態を示し其後直ちに葉身及び葉鞘の比重は後期に於いて一時的に急に上昇している．従つて此期には他部から余り穂への物質の転移蓄積は著しく起らぬものと推定される．次いで第2停頓期に節間の曲線を見るに糊熟期の初期から節間の曲線は急低下せる事は注目に値する．つまり此の時期に於いて節間から多量の物質が穂へ転移せる事が推定される．

穂の充実期については，充実開始期若くは乳熟期に於いて節間，葉身及び葉鞘の比重は一時的に低下を示している．之の低下は穂への物質転移せる為に穂は充実し節間及葉鞘は漸次低下する．只葉身には節間程の低下を示さないが大体に漸減の傾向が認められる．尚葉身は日々に同化作用によつて物質を比較的多量に製造するが故に節間と

は別に考慮の要があるもののようである．

之を要するに水稲，小麦及び裸麦の穂の充実模様は前記の4期の経過が認められる．而して穂の充実の停頓期には節間，葉鞘及び葉身の比重の増大を来し，穂の充実期には他部の比重の減少低下が起る．仍て出穂期以後には穂の充実と節間，葉鞘及び葉身の比重の消長とは密接な関係が保たれている．而して粉末比重の消長を勘案するならば穂の充実に対し常に他部からの物質の転移補給が行われていることを証するものと認められる．野中氏[4]は稲葉を出穂期前後に剪除せる場合は茎葉部の炭水化物は著しく減少を来すとの実験結果は上記の事実を裏書せるものと認められる．

摘　　要

1） 水稲，小麦及び裸麦の材料にて出穂期前後から完熟期迄一定期間毎に採取し，穂，果梗，各節間，葉身及び葉鞘等各別々に其粉末比重を測定し，夫々粉末比重曲線を作製した．

2） 尚水稲について出穂期前後に分蘖次位別に各部の粉末比重をも測定した．

3） 各比重曲線を次の4期に別けて考察した．

i） 第1停頓期（出穂及び開花期）穂の比重曲線はほぼ水平に近い．

ii） 充実期（乳熟期）曲線は急上昇．

iii） 第2停頓期（糊熟期）曲線ほぼ水平．

iv） 黄熟乃至完熟期　曲線一時的に上昇．

4） 之等の各期に於いて穂の比重の上昇には其時期若くは其前後に於いて必ず節間，葉身及び葉鞘の比重曲線の下降を伴う，之に反し穂の比重の下降若くは停頓の時期には其隣接の節間，葉身及び葉鞘部では曲線の部分的上昇を伴う．

5） 完熟期後には節間に於いて一時的に比重曲線の上昇を伴う．

6） 穂の曲線に対し節間，葉身及び葉鞘の比重曲線との間には大体負の相関々係が存在するようである．

仍て，葉身及び節間等の附近から穂へ常に物質の補充転移が行われるに由るものと認められる．

文　　献

1. 深城貞義：麦類の幼苗に対する分蘖と粉末比重との関係，香川農大学術報告，4(4)，(1952).
2. ―――及荻原昤二：植物の分岐に関する研究 I，粉末比重より見たる植物の分岐に就いて，同上誌，4(3)，(1953).
3. ―――：稲の分蘖に関する研究V. 粉末比重より見たる稲の分蘖に就て，同上誌，6(1)，(1954).
4. 野中福次：時期別の稲葉剪除が水稲茎基部の生化学面に及ぼす影響（第2報），時期別に稲葉剪除した水稲茎部の窒素及び炭水化物含量の時期的変化，九大農学芸誌15(2)，(1955).

R é s u m é

1) Specific powder gravity of panicle and ear, internode, fruit-stalk, leaf-blade and leaf-sheath of rice, wheat and barley plants were measured at every 3 days from the earing period to the full ripe period.

The curves of sp. powder gr. were described respectively at the Figs. 2-4.

2) By the curves of sp. powder gr., we can understand the repletion process of the panicle or ear of rice, wheat and barley plants.

3) The curves of panicle or ear elapse 4 periods as follows;

(1) 1st period of standstill

(2) period of repletion

(3) 2nd period of standstill

(4) period of full rice

4) It follows that sp. powder grs. of internode, fruit-stalk, leaf-blade and leaf-sheath reduce generally by the enlargement of sp. powder gr. of panicle or ear of rice, wheat and barley plants.

5) By the above-mentioned facts, we can understand that there is the translocation of plant substance from the internode, fruit-stalk, leaf-sheath and leaf-blade to the panicle or ear of rice, wheat and barley plants.

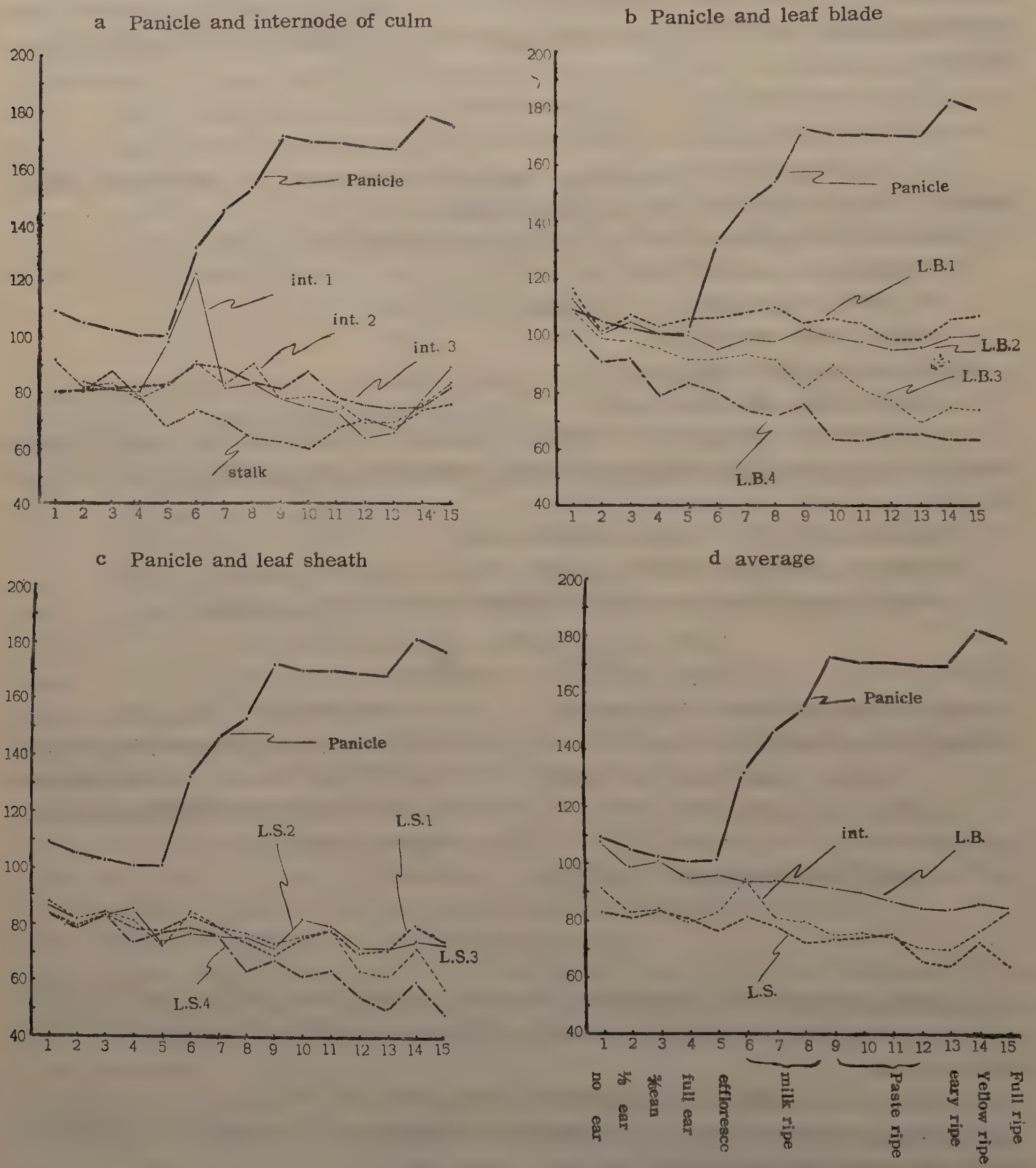


Fig. 2 Translocation of plant substance of rice.

a. Curves of the sp. powder gr. of the panicle, fruit stalk and internode of culm.

b. Curves of the sp. powder gr. of the panicle and leaf-blade.

c. Curves of the sp. powder gr. of the panicle and leaf-sheath.

d. Curves of the sp. powder gr. of the panicle and average leaf-blade, leaf-sheath and internode of culm.

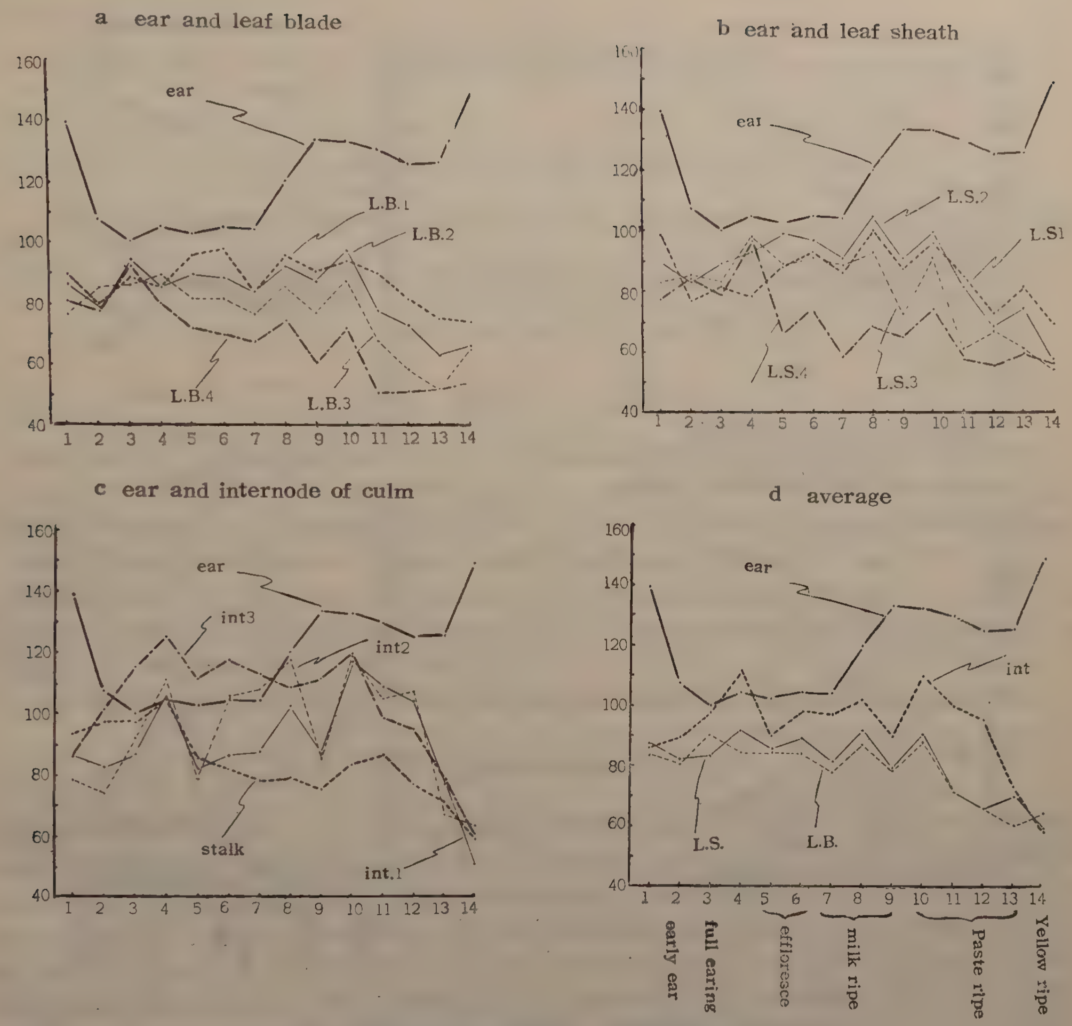


Fig. 3 Translocation of plant substance of wheat.

a. Curves of the sp. powder gr. of the ear and leaf-blade.

b. Curves of the sp. powder gr. of the ear and leaf-sheath.

c. Curves of the sp. powder gr. of the ear and internode of culm.

d. Curves of the sp. powder gr. of the ear and average leaf-blade, leaf-sheath and internode of culm.

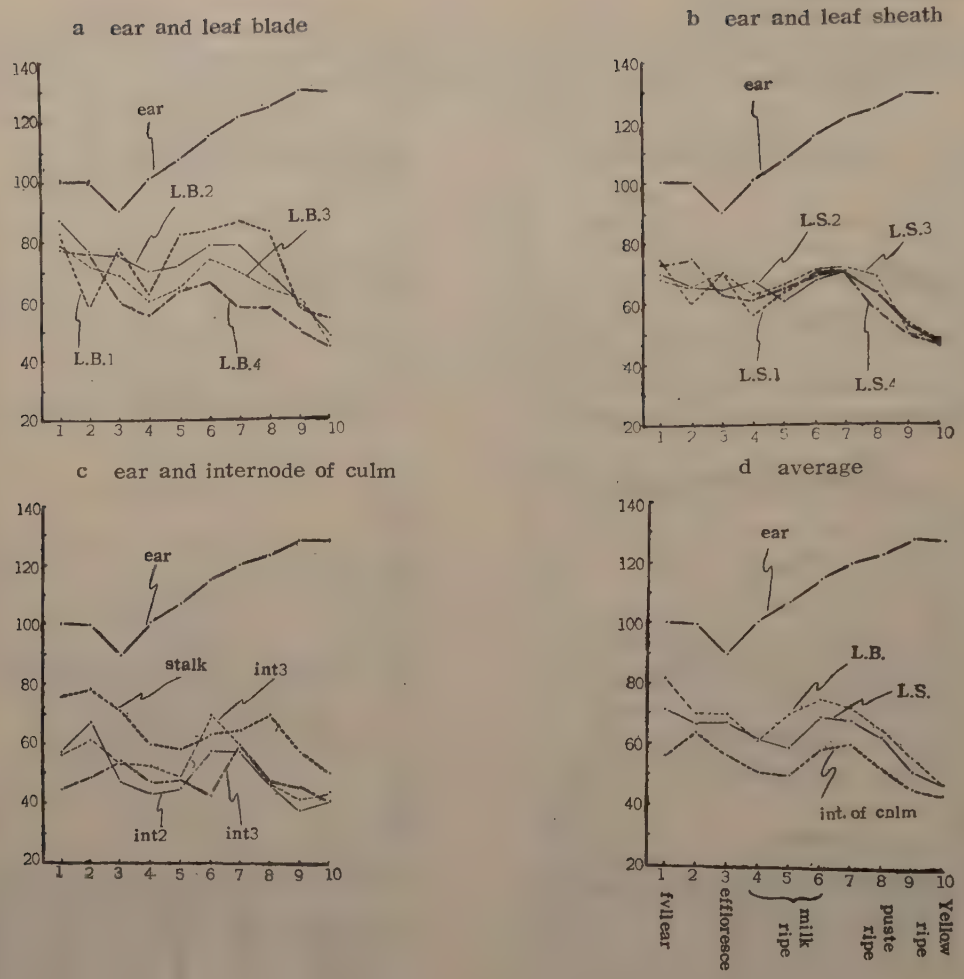


Fig. 4 Translocation of plant substance of barley.

a. Curves of the sp. powder gr. of the ear and leaf-blade.

b. Curves of the sp. powder gr. of the ear and leaf-sheath.

c. Curves of the sp. powder gr. of the ear and internode of culm.

d. Curves of the sp. powder gr. of the ear and average leaf-dlade, leaf-sheath and internode of culm.

甘藷のカロチノイド類色素の存在様式及びカロチン含有量

桑田　晃，山本　喜良

The form of existence of carotenoid pigments and the volume of carotene in sweet potatoes

Hikaru KUWADA and Kiyoshi YAMAMOTO (Laboratory of Plant Breeding)

(Received August 17, 1956)

I　緒　　言

服部[7]によると，一般に植物体におけるカロチノイド類色素は結晶状として現れる以外はすべて原形質内におけるリポイド中に膠状に溶解するか，又は脂肪質と混じている．甘藷のカロチノイド類色素に就いての研究は少く，特にこれが存在様式についての研究は殆んどない．併し，カロチンの含有量に就いては杉山，高橋[13]及び藤田[6]の研究があり，前者の研究に依ると，品種に依り相当の差異が認められる．

筆者等は甘藷のカロチノイド類色素の存在様式，即ちこの種の色素が結晶状になつて存在しているか否かを，更に生育中及び貯蔵中における該色素の生成，含有量の消長を，その品種及び組織の種類，部分との関係において観察実験を行い，若干の新しい知見を得たので報告する．

本稿を草するに当り，御指導を賜つた前京都大学教授香川冬夫博士に対し，深甚の謝意を表する次第である．

II　実験材料及び方法

供試材料は隼人，九州12号，ナンシーホール，兼六及び農林6号の5品種で，1951年春に，農林省九州農業試験場作物第二部指宿試験地より分譲を受けたものである．これ等を普通の方法を以て栽培し，収穫し，以後慣行法に依り貯蔵したものにつき観察，実験を行つた．色素類の存在様式の観察は収穫した翌年の1月より2月に亘つて貯蔵した材料について行つた．生育とカロチンの生成との関係の実験は3月24日に苗床に伏込み，6月22日に定植した材料につき，定植後約20日毎に，即ち7月12日，8月1日，8月21日，9月10日及び9月30日の5回に亘つて，貯蔵中のカロチン含有量の実験は貯蔵の中間と終り，即ち夫々翌年の1月15日と3月10日に行つた．上記の観察，実験に使用した個体は各品種何れも，正常に発育したもので，使用の藷はその個体の中で標準の大さ及び型を呈したもの，又一つの藷の供試個所はその藷の中央の3分の1の所である．この個所につき，更に皮層の柔細胞と形成層より内部の組織の柔細胞及び維管束との2部分に分けて夫々観察，実験を行つた．観察の方法は上記材料及び部分より徒手にてできるだけ薄い切片を作り，直ちにスライドに載せ，グリセリンにて封入して顕鏡した．而して多少の色素の流出も考えられるが，10×10の視野の下で観察した．使用個体数及び切片数はできるだけ多い方が望ましいが，前者は3〜5個，後者は1個体10切片以上とした．カロチノイド類色素が黄赤色の結晶として存在している場合にはすぐに観察できるが，念のため，顕微化学的試験をも加味した．即ちアルコールに不溶，クロロホルムに可溶，濃硫酸に依つて濃青色を呈するものを以て，以下結晶のものと呼ぶ事にする．結晶状でなく，而も原形質内にリポイドなどに溶けて黄色を呈しているものについては顕微鏡によりすぐに判明するが，ズーダンIIIによる染色，濃硫酸による濃青藍色の反応により検定した．以下かかる状態のものを非結晶と呼ぶ事にする．カロチン及びキサントフイルの分析の方法は菅原[12]の方法に従つた．尚，甘藷の組織についてはARTSCHWAGER[1]，EAMS，DANIELS[3]，HAYWARD[8]及び小倉[11]を参考にした．

III　実験結果及び考察

(1) 隼　人

皮層中の柔細胞の殆んど全部に亘つて黄赤色の結晶が著しく沢山存在し，非結晶のものは黄色を呈し，細胞内を

満し，僅かの細胞に存在するのみである．形成層より内部の組織の柔細胞中にも黄赤色の結晶のものは相当沢山存在し，非結晶のものは黄色を呈し，極く少く，主に維管束中に多く見られた．

(2) 九 州 12 号

皮層中の柔細胞に黄赤色の結晶は殆んど認められず，非結晶のものが鮮明な黄色として比較的多く認められた．形成層より内部の組織の柔細胞には黄赤色の結晶は著しく沢山存在し，非結晶のものは黄色を呈し，やはり，主に維管束中に見られた．

(3) ナンシーホール

皮層中の柔細胞には黄赤色の結晶は殆んど認められず，非結晶のものは鮮明な黄色として，比較的沢山認められた．形成層より内部の組織の柔細胞には黄赤色結晶が比較的沢山存在し，非結晶のものも黄色を呈し，やはり，主に維管束中に見られた．

(4) 兼 六

皮層中の柔細胞及び形成層より内部の柔細胞中には黄赤色の結晶は殆んど認められないか，或は僅かに存在するのみで，非結晶のもの少量存在するのみであつた．

(5) 農 林 6 号

皮層中の柔細胞に黄赤色の結晶は殆んど認められず，非結晶のものも僅少であつた．形成層より内部の組織では黄赤色の結晶は柔細胞中には殆んど見られないが，維管束中には存在していた．非結晶のものも主に維管束中に見られた．

以上の結果を表示すれば第1表の如くである．即ち品種により，又同一品種でも組織の種類，部分によりカロチノイド類色素の存在様式を異にし，同時にその量的差異も当然考えられる．カロチノイド類色素の存在を結晶の場

第1表 甘藷5品種のカロチノイド類色素の存在様式

Table 1 The form of existence of carotenoid pigment and the tissues containing them in five varieties of sweet potatoes

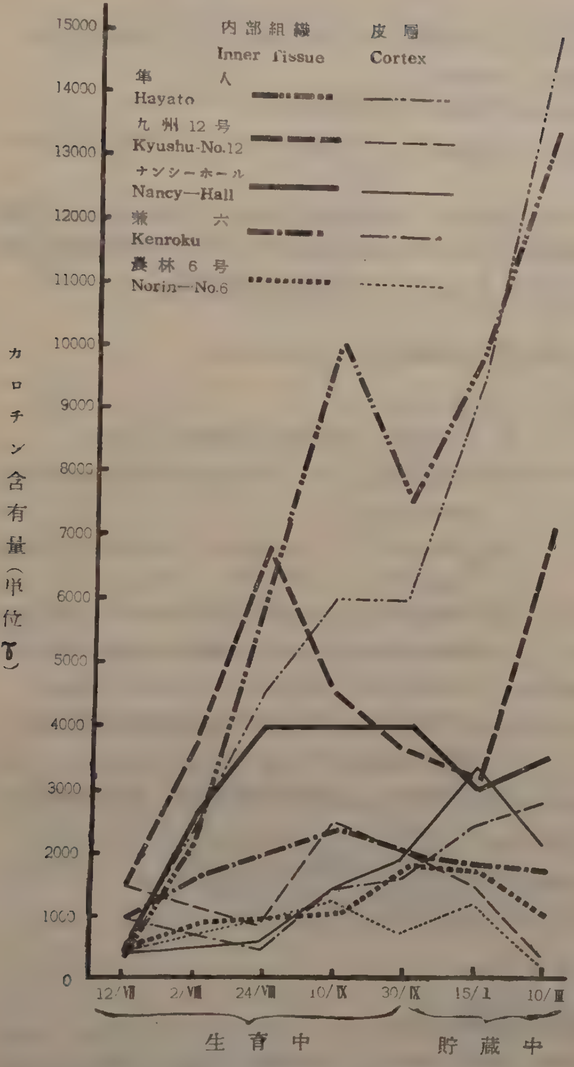
部分 (Part) / 存在様式 (Form) / 品種 (Variety)	皮層 (Cortex)		内部組織 (Inner Tissue)	
	結晶 (Crystal)	非結晶 (Non-Crystal)	結晶 (Crystal)	非結晶 (Non-Crystal)
隼人 (Hayato)	+++	+	+++	+
九州12号 (Kyushu-No.12)	±	++	+++	+
ナンシーホール (Nancy-Hall)	±	++	++	+
兼六 (Kenroku)	±	+	+	+
農林6号 (Norin-No. 6)	±	+	+	+

〔註〕〔note〕 +++ 著しく沢山存在 Extremely abundant
++ 比較的沢山存在 Comparatively abundant
+ 少量存在 Few
± 極く少いか，殆んどない Scarce or non

合でも非結晶の場合でも，これを量的に示す事は，その形状，大さ等の差異に依り困難であるが，顕微鏡の同一視野内において，結晶もしくは非結晶のものが著しく沢山存在する場合には+++，比較的多い場合には++，少量の場合には+，殆んど存在しないか，或は存在しても極く僅かの場合を±として表した．本表に依ると，5品種中，カロチノイド類色素が藷全体に比較的多いのは隼人であり，少いのは兼六，農林6号で，九州12号．ナンシーホールは夫等の中間と云えよう．

生育中及び貯蔵中における該色素の生成，含有量の消長を各品種につき，又組織，部分につき分析した結果は第1図に示す如くである．挿秧後20日目である7月12日においては，組織の種類別に定量する事はできなかつたが，5品種共に該色素は著しく少いが，中でも九州12号が最も多いようであつた．以後20日毎に定量し，9月30日までの結果をみると，7月12日より8月24日までの間では九州12号の内部組織にカロチンが最も多いが，全体としては，皮層部及び内部組織共にカチロンの最も多いのは隼人である．次は皮層部と内部組織により異なるが，九州12号とナンシーホールで，最も少いのは兼六と農林6号である．又皮層部と内部組織とでは，各品種何れも後者の方が前

者よりカロチン含有量は多い．



第1図　生育中及び貯蔵中の甘藷5品種のカロチン含有量の消長（100gr中のγ量）

Fig. 1　The volume of carotene in five varieties of sweet potatoes at various stage of growth and storage (γ per 100 gr.)

貯蔵中のカロチン含有量の消長をみると，皮層部及び内部組織共に隼人が最も多く，而も貯蔵中に増加を来す．九州12号も内部組織では貯蔵中はカロチンは増加し，而も隼人に次いで多い．次はナンシーホールで，兼六及び農林6号はカロチン含有量が比較的少いためか，皮層部，内部組織何れも，貯蔵中に特に大きな変化は認められなかつた．

尚，キサントフイルは各品種，各組織共に何れも痕跡程度にすぎなかつた．

以上の結果よりすれば，各品種間のカロチノイド類色素の顕微鏡観察の結果とカロチンの定量との間に相似た傾向が見られる．カロチンの定量は杉山，高橋[13]及び藤田[6]の実験があり，前者は甘藷20余品種に就き行い，その中，九州12号，ナンシーホール及び農林6号に就いての成績はないが，隼人，兼六については夫々4470γ，927γという成績を得，後者は供試品種は不明であるが，唯甘藷のカロチンは10γで，キサントフイルは0という成績を得ている．而して杉山，高橋は藤田の方法を使用しているが，本実験との間に稍々大きな結果の差異があり，両品種共に本実験の成績の方が倍近い数値を示している．この事は次の諸事実からもある程度頷く事ができる．即ち，西田，市来[10]に依ると，甘藷のカロチンは熱，光線，空気及び酸素に依り破壊されるし，又Ezell，Wilcox[4]及びEzell[5]は甘藷貯蔵中の温度がカロチン及びカロチノイドに及ぼす影響を研究し，貯蔵中の温度及び品種によりこれ等に差異のある事を認めている．又生育の段階に依り，該色素の生成に差異のある事も当然である．従つて，本実験に用いた各品種に就いても，貯蔵中の種々の条件により，又生育の程度，試料採取個所等に依り各品種共にカロチン含有量に幾分変化のあつた事は当然で，上述の杉山，高橋及び筆者等のカロチン含有量の差異も，かかる点より生じたものと思われる．しかしその含有量の大小の関係は同じ傾向を示している．

尚，甘藷のカロチンの蓄積に就いては香川[9]は最初白色体において行われ，後，結晶化するであろうと述べ，又最近Bonner[2]はカロチノイド類色素の形成，蓄積については詳細は尚不明であると述べている．今後はカロチノイド類色素の形成，蓄積及び結晶のものと非結晶のものとの関係，並びに組織の種類，部分によるこれ等の量的差異を甘藷の各品種に就き研究し，更にこれが生理学的性質との関聯について研究を行わなければならない．

Ⅳ 摘　　要

(1) 甘藷のカロチノイド類色素の存在様式を，更に生育中及び貯蔵中における該色素の生成，含有量の消長を，その品種及び組織の種類，部分との関係において比較観察，実験を行つた．

(2) 供試品種は隼人，九州12号，ナンシーホール，兼六及び農林6号の5品種である．

(3) カロチノイド類色素は第1表に示す如く，結晶状及び非結晶状の2つの様式で存在し，その量は品種及び組織の種類，部分により異にする．

(4) 生育中及び貯蔵中のカロチン含有量の消長は第2図に示す如く，一部の例外を除き，各品種，組織共に生育に伴い増加する．貯蔵中では大きく変化する品種，組織と然らざるものとが見られた．尚，カロチン含有量は皮層部，内部組織何れも隼人が一番多く，次は九州12号，ナンシーホールで，兼六と農林6号は最も少ない．

Ⅴ 引　用　文　献

(1) ARTSCHWAGER, E. : On the anatomy of the sweet potato roots, with notes on internal breakdown, *Jour. Agr. Res.* 27 (1924).

(2) BONNER, J. : Plant Biochemistry(1650).

(3) EAMS, A. J., MAC DANIELS, L. H. : An introduction to plant anatomy(1925).

(4) EZELL, B. D., WILCOX, M. S. : Influence of storage temperature on carotene, total carotenoids and ascorbic acid content of sweet potatoes, *Plant Phys.* 27 (1)(1952).

(5) —— : Pre- and past-harvest changes in carotene, total carotenoids and ascorbic acid content of sweet potatoes, *Pl. Phys.* 27 (2) (1952).

(6) 藤田秋治：ビタミンの化学的定量法，誠文堂新光社（1948）．

(7) 服部静夫：植物色素，岩波書店（1936）．

(8) HAYWARD, H. E : The structure of economic plants(1938).

(9) KAGAWA, F. : Chimeras in sweet potatoes, *Jap. Jour. Bot.* 10 (1～2) (1939).

(10) 西田孝太郎，市来政邦：甘藷カロチンの安定度に関する研究（第Ⅰ報），醱酵工学雑誌，28 (5) (1950).

(11) 小倉謙：甘藷の塊根形成に関する解剖学的考察，農業及園芸，20 (8,9)(1945).

(12) 菅原友太：二三植物色素測定法，農業及園芸，18 (4) (1943).

(13) 杉山直儀，高橋文：甘藷品種のカロチン含有量，農業及園芸，19 (12)(1944).

Résumé

(1) Studies on the form of existence of carotenoid pigments and the volume of carotene in sweet potatoes at various stage of growth and storage were made in relation to the varieties and sorts of tissues.

(2) Materials used were five varieties; Hayato, Kyushu-No.12, Nancy-Hall, Kenroku and Norin-No.6.

(3) The results obtained were shown in Table 1 and Fig. 1.

(4) The carotenoid pigments exists in two forms, namely in crystal and non-crystal states, and their amounts are different according to the varieties and sorts of tissues.

(5) With some exceptions, the volume of carotene increased with the growth in each variety and tissue, although it was changed remarkably or slightly according to the variety and tissue with the stage of storage.

夜温処理に対する蚕豆の開花結実反応の品種間差異

（第2報）夜温の差が蚕豆品種の花芽分化並びに登熟に及ぼす影響

植　木　邦　和

The varietal difference of the response of flowering and fruiting in broad bean by changing the night temperature. II. Effect of night temperature upon the flower bud differentiation and the seed ripening period in broad bean varieties.

Kunikazu UEKI

(Received August 18, 1956)

I　緒　　言

変温は，作物の生育を支配し，その分布を左右するものであるといわれ，近時，昼夜温較差，就中夜温を対象とする研究が行われ，変温による生育の機作も解明されつゝあるが，未だ不分明な点が多い．

本研究は，変温による作物品種の生態分化並びに生理機構の差異に関する研究の1部として，既報(5.6)に引きつゞき，蚕豆の開花前及び開花後の夜温の差が，特に，蚕豆の花芽の分化発育並びに登熟に及ぼす影響の品種間差異について究明したもので，茲に，その概要を報告する次第である．

本研究を実施するに当り，終始御指導賜わった恩師香川冬夫博士，京大教授赤藤克己博士並びに，実験遂行上多大の御便宜を与えられた農学部長黒上泰治博士，農場長野田愛三教授に対し，深く感謝の意を表すると共に，実験操作に関し，種々御教示いたゞいた本学部育種学研究室桑田晃教授並びに花卉研究室小杉清助教授に対し，厚く御礼を申し上げる．なお，本実験は，文部省科学研究費の補助の下において行ったものである．

II　実験材料及び方法

1　実　験　材　料

供試各品種は，いずれも香川農大附属農場において，採種したもので，1954年11月5日苗床に播種し，同年12月1日生育均斉な個体を厳選し，径1尺の磁製植木鉢に，1鉢2株宛定植した．各鉢には，窒素，燐酸及び加里各1g宛を施用した．

各試験別品種名をあげると，次の如くである．

(1)　花芽分化調査用……既報(5.6)供試品種と同じく，開花期の異る静岡早生（早生種），長莢蚕豆（中生種）及び讃岐長莢（晩生種）．

(2)　登熟調査用……開花期を略同じくし，結実日数の異る河内青，房州八分及び長莢蚕豆．（以上中生種，結実日数　短，中，長）並びに大和蚕豆，一寸蚕豆及び讃岐長莢．（以上晩生種，結実日数　短，中，長，）．

2　実　験　方　法

各試験の夜温処理区は，前報(6)の場合と同様，夜間のみ電熱線にて加温した硝子室の中に入れ，昼間は自然状態に放置し，無処理区は，昼夜共自然状態に放置した．

各試験別夜温処理時期及び期間は，第1表に示す通りである．

第１表　各試験別夜温処理時期及び期間

試験区	処理時期	供試品種	処理期間 開始期日 月	日	終了期日 月	日	処理日数 日
花芽分化調査用処理区	花芽未分化期〜開花期	静岡早生	12	1	3	7	97
		長莢蚕豆	12	1	3	14	104
		讃岐長莢	12	1	3	23	113
登熟調査用処理区	開花期〜成熟期	河内青	4	5	5	25	51
		房州八分	4	5	5	24	50
		長莢蚕豆	4	5	5	25	51
		大豆蚕豆	4	11	5	29	49
		一寸蚕豆	4	11	5	29	49
		讃岐長莢	4	11	5	31	51

なお，夜温処理期間中の気温及び地温の測定結果は，第２表の如くである．

第２表　試験期間中の気温及び地温

日	旬	無処理区 気温(°C) 最低	最高	無処理区 地温(°C) 最低	最高	処理区 気温(°C) 最低	最高	処理区 地温(°C) 最低	最高
12	上	5.9	13.7	—	—	10.4	無処理区と同様	—	—
12	中	0.4	12.7	0.2	14.3	6.6		5.4	12.6
12	下	0.6	13.1	−0.5	15.0	7.1		4.7	14.1
1	上	−1.3	9.9	−1.8	11.3	3.7		2.1	11.8
1	中	−2.1	9.3	−2.1	10.6	2.8		1.8	12.3
1	下	−0.9	9.7	−0.5	11.0	4.9		3.2	11.4
2	上	0.3	12.4	−0.9	14.5	5.0		3.6	14.2
2	中	0.0	11.4	−1.3	12.7	9.6		3.1	13.5
2	下	1.9	14.3	1.7	16.4	6.8		6.0	16.8
3	上	3.9	13.8	2.6	15.9	8.6		7.3	14.6
3	中	2.7	15.8	2.5	17.5	8.0		7.5	17.4
3	下	6.5	15.4	5.3	17.8	11.3		8.9	19.2
4	上	5.7	20.0	7.8	—	13.0		—	—
4	中	9.2	23.4	10.2	—	14.9		16.4	—
4	下	7.3	20.2	7.6	—	12.6		14.6	—
5	上	11.1	24.2	11.1	—	15.8		16.5	—
5	中	12.3	25.5	12.4	—	17.8		18.4	—
5	下	12.4	26.1	11.0	—	17.8		16.4	—
6	上	14.6	27.7	12.2	—	—		—	—
6	中	16.0	28.4	13.4	—	—		—	—

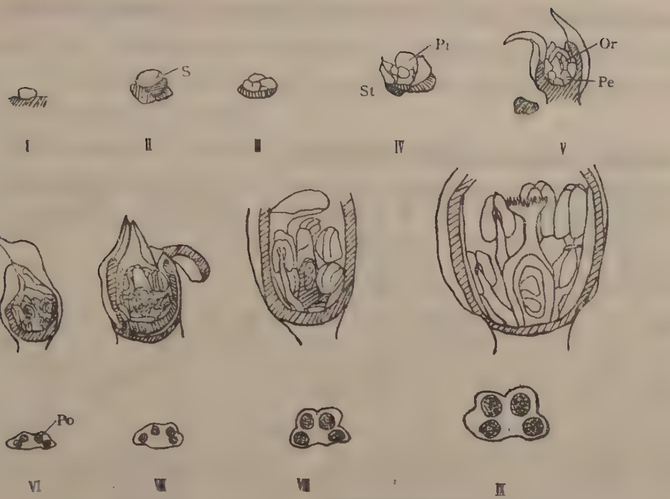
即ち，処理区の最低気温は，無処理区のそれに比し，約５〜６°C，最低地温は，約４〜５°C高い．

なお，花芽分化調査は夜温処理開始後10日目の12月10日より，各品種の処理区の開花期まで，10日又は15日目毎に，供試品種各区の５個体の主枝及び３個体の分枝より試料を採り，70%アルコールに浸漬貯蔵し，随時取出して，双眼顕微鏡下で剝皮法[1]により，第一花の花芽の発育状態を観察調査し，アッベ氏描画装置を用いて転写した．又，登熟調査は開花期より結実期に到るまでの成熟の状況を，黄葉期，落葉期，成熟期，結実日数，結莢率及び莢の発育程度により観察し，夜温の差が登熟過程に及ぼす影響を，各品種間で比較検討した．

Ⅲ　実験結果及び考察

a）花芽分化並びに発育に及ぼす影響の品種間差異

蚕豆の花芽分化及びその発育の状態を図示すれば，第１図の通りである．



註）Ⅰ：未分化　Ⅱ：花芽分化期（萼片形成期）　Ⅲ：雌雄芯初生期　Ⅳ：雌雄芯形成期
Ⅴ：花弁初生期．胚珠初生期　Ⅵ：花弁形成期．花粉胚珠形成期　Ⅶ．Ⅷ：花弁伸長期　Ⅸ：柱頭展開期
Or：Ovule　Pi：Pistil　Pe：Petal　Po：Pollen　S：Sepal　St：Stamen
Ⅰ～Ⅴ　×37.5　Ⅵ～Ⅸ　×18.7　Pollen　×37.5

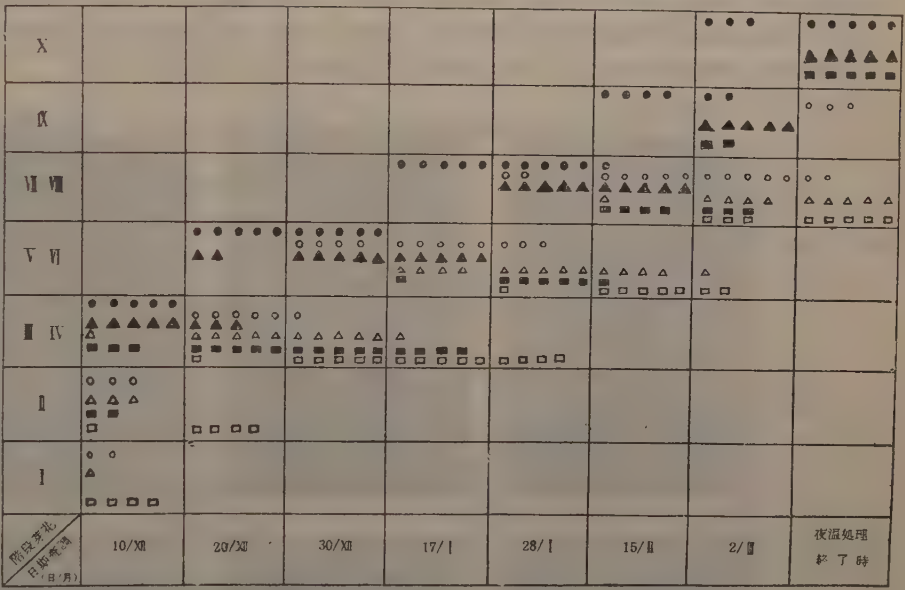
第1図　蚕豆の花芽分化過程

以上の花芽の発育過程を基準として，各品種における夜温処理区と無処理区の花芽の発達状態を示すと第2図の如くである．

即ち，主枝（第1花）の花芽発育状態についてみると，いずれの品種も本実験の程度に夜温を高くした場合には，花芽の発育はすゝんでいるが，その感応度は品種によって異るように思われる．静岡早生においては，夜温処理後10日目には無処理区は花芽分化初期であるに対し，処理区は雌雄芯形成期に当り特に処理後30日目即ち花粉胚珠形成期以後は感応度が大になり，急速な花芽の発育がみとめられる．長莢蚕豆においては，処理区の夜温に対する感応度は，静岡早生に比し，やや緩まんであるが，花芽の発育過程はほぼ相似た傾向を示し，処理日数に応じて順次促進され，そのまゝ開花まで到達する．

讃岐長莢においては，前二品種に比し，夜温に対する感応度は，多少趣を異にし，花芽の発育の初，中期には小であるが，花弁形成期以後急速に感応度が大になり，無処理の場合に比し，開花日数の促進程度も大である．

なお，各品種の分枝の花芽発育状態も，主枝のそれと同様な傾向を示している．



註）各印は供試主枝の花芽（第1花）個体を示す　Ⅰ～Ⅳ：第1図に示す　Ⅹ：開花
静岡早生…夜温処理区 ○　無処理区 ●
長莢蚕豆…仝上 △　仝上 ▲
讃岐長莢…仝上 □　仝上 ■

第2図　花芽発育に及ぼす夜温の影響の品種間差異

なお，各品種の夜温処理の場合の開花期は，花芽の発育促進に応じ，無処理の場合に比し，静岡早生は22日，長莢蚕豆は21日，讃岐長莢は20日の促進となっており，開花日数短縮率は静岡早生15.2%，長莢蚕豆13.8%及び讃岐長莢12.6%であった．

以上は，盛永氏等[3]の小麦の花芽分化は高夜温において，秋播性品種より春播性品種が著しく促進された結果と相似た傾向を示しているが，渡辺氏[7]の菜豆の花芽分化並びに発育期の夜温が高い場合は，花芽の発育が微弱であり，不完全発育蕾が多い結果と異っている．即ち，蚕豆については開花前に，本実験程度の高夜温をあたえる場合

は，花芽の分化並びに発育を促進し，その感応度の差異は前報[6]に示した如く，開花期，開花期間，開花数等につき，品種の特性としてみとめられる．

b）登熟に及ぼす影響の品種間差異

(1) 結実日数に及ぼす影響

第３表　登熟期に及ぼす夜温の影響の品種間差異

品種名	試験区	開花期	黄葉期	落葉期	成熟期	結実日数	結実日数短縮率
		月 日	月 日	月 日	月 日	日	%
河内青	A	4. 4	5. 19	5. 22	5. 25	51	13.6
	B	4. 4	5. 24	5. 28	6. 2	59	—
房州八分	A	4. 5	5. 17	5. 20	5. 24	49	19.7
	B	4. 5	5. 24	5. 30	6. 5	61	—
長莢蚕豆	A	4. 5	5. 20	5. 23	5. 25	50	21.9
	B	4. 5	5. 28	6. 3	6. 8	64	—
大和蚕豆	A	4. 11	5. 18	5. 20	5. 29	48	14.3
	B	4. 11	5. 23	5. 27	6. 6	56	—
一寸蚕豆	A	4. 12	5. 17	5. 23	5. 29	47	21.7
	B	4. 12	5. 25	6. 1	6. 11	60	—
讃岐長莢	A	4. 13	5. 22	5. 25	5. 31	48	23.8
	B	4. 13	5. 31	6. 4	6. 15	63	—

註）A：夜温処理区　　　B：無処理区

第３表に示す如く，いずれの品種も，夜温処理の場合に，登熟促進がみとめられる．黄葉期については，概して結実日数の長い品種（長莢蚕豆又は讃岐長莢）は，結実日数の短い品種（河内青又は大和蚕豆）に比して，促進日数が大がある．同様な傾向は第３図の如く落葉期及び成熟期においてもみとめられる．

大和蚕豆　　一寸蚕豆　　讃岐長莢

夜温処理区

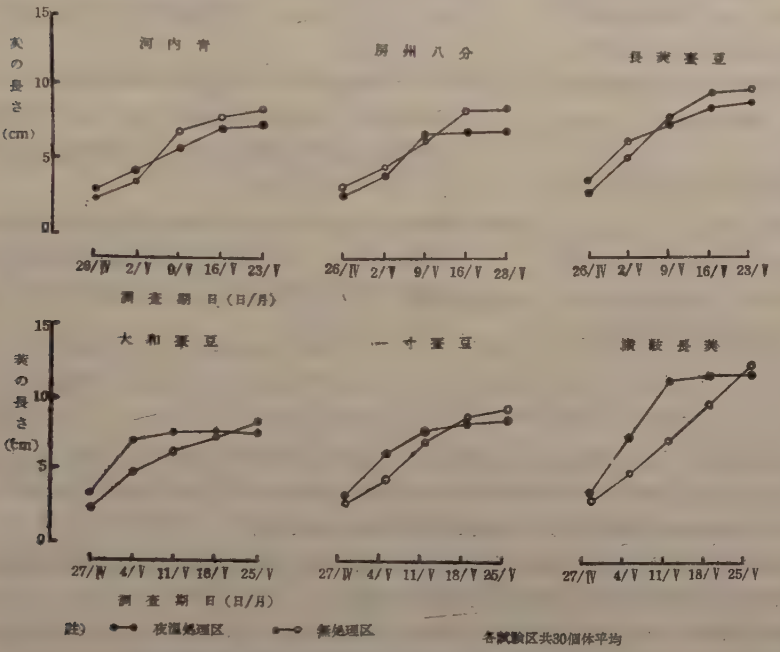
無処理区

第３図　夜温処理終了時における蚕豆品種の登熟状況（×1/10）

従って結実日数についても品種間差異があるようで，夜温処理の場合は，河内青8日，房州八分12日，長莢蚕豆14日，又，大和蚕豆8日，一寸蚕豆13日，讃岐長莢15日の短縮となっており，結実日数の長い品種程短縮率が大である．これと同様な傾向を福井氏等[2]も登熟期における大豆の短日処理においてみとめている．

(2) 莢の発育に及ぼす影響

夜温処理に対する莢の発育反応については予備的に調査し，前報[6]において発表済であるが，各品種の莢の発育過程を調査した結果の内，莢の長さについて図示すれば，第4図の如くである．



第4図　莢の長さに及ぼす夜温の影響の品種間差異

即ち，前報[6]並びに中山氏[4]の豌豆における結果と同様，夜温は莢の発達に対しても影響をもたらし，概して，中生品種は莢の発育に伴い，無処理区との差がひらき，晩生品種は，発育の初，中期には無処理区に比してまさっているが，後期に到り，処理区の発育は停滞し，これに反し，無処理区の発育がまさっている．

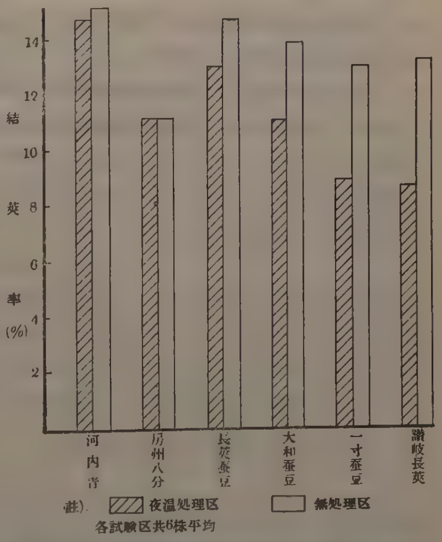
なお，莢の巾及び厚さについても，前報[6]と同様，莢の長さに準じた傾向がみとめられた．

(3) 結莢率に及ぼす影響

夜温の差は結莢率に対しても影響を及ぼし，品種間差異がみとめられ，第5図の如く，中生品種より晩生品種の方が感応度が大である点は，前報[6]の結果と同様であるが，中晩生種いずれにおいても，結実日数の長い品種程感応度の大なる点は結実日数の場合と同様，登熟過程の上からみた，蚕豆の生態的特性として注目すべき事項である．

以上の如く，夜温の差が花芽分化並びに登熟に及ぼす影響に品種間差異のあることは，蚕豆品種の生態分化の上から，興味ある問題であり，変温による開花並びに登熟生理の機構と共に，今後深く究明する必要がある．

（本研究の要旨は昭和30年10月12日大阪府立大学農学部における日本育種学会第9回講演会において発表した。）



第5図　結莢率に及ぼす夜温の影響の品種間差異

Ⅳ 摘　要

1. 変温に対する豆類品種の生態並びに生理的特性に関する研究の1部として蚕豆における夜温の差が，開花期の異る品種の花芽分化並びに発育に及ぼす影響，又，開花期をほぼ同じくし，結実日数の異る品種の登熟に及ぼす影響の差異を調査した．
2. 夜温の高い場合は，花芽の分化並びに発育が促進されるが，その程度及び時期は，品種によって異るようである．
3. 登熟期に対しては，いずれの品種も，促進がみとめられ，黄葉期及び成熟期共に，同様な傾向を示し，結実日数の長い品種

程，高夜温による短縮率が大である．

4. 莢の発育にも影響をもたらし，その感応時期は中晩生種において異っている．結莢率にも，夜温の差の影響がみとめられ，晩生種が，中生種より，結実日数の長い品種が，短い品種より，感応度が大である．

V 引 用 文 献

(1) 江口庸雄：花芽分化の研究 1 —花芽分化期を中心として—，農業及園芸，**25**，305〜308（1950）．

(2) 福井重郎，鎗水寿：開花後の短日が大豆の登熟に及ぼす影響の品種間差異，育種学雑誌，**1**，86〜90（1951）．

(3) 盛永俊太郎，中山治彦：作物の発育に及ぼす変温の影響，農業試験研究年報（1951）．

(4) 中山治彦：数種の作物の発育に及ぼす夜温の影響（予報），日作紀，**20**，59〜62（1951）．

(5) 植木邦和：夜温処理に対する蚕豆の開花結実反応について（予報），香川農大学術報告，**5**，243〜246（1954）．

(6) ——：夜温処理に対する蚕豆の開花結実反応の品種間差異，（第1報）夜温の差に対する二三の早晩生品種の感応度の差異について，香川農大学術報告，**7**，1〜5（1955）．

(7) 渡辺斉：豆科蔬菜の開花結実に及ぼす環境要素の影響に就いて，（第2報）花芽分化時及び開花期の温度が菜豆の開花結実に及ぼす影響，園芸雑，**22**，100〜106（1953）．

Résumé

1. As a part of the ecological and physiological studies on the varieties of bean for the change temperature, the varietal differences of the effect of night temperature upon the flower bud differentiation and the seed ripening period in broad bean were studied.

2. Materials were the varieties of different flowering periods, and the varieties of different fruiting periods, each having about the same length of flowering period.

3. The flower bud differentiation and growth rate were accelerated due to the high night temperature, and the modes and periods of the changes were different according to the varieties.

4. Any varieties showed acceleration upon the seed ripening periods. The yellow leaves or maturing period showed the same tendencies, and the long duration varieties of fruiting period are large in the rate of shortness.

5. The growth rate of pods was changed, the sensible periods were different according to the middle or late varieties.

The percentage of pod setting was also changed, the sensibility is remarkable in the late varieties, while it is evident in the long duration varieties of fruiting period than the short ones.

かんがい用貯水池相に関する研究

——序　　報——

前　川　忠　夫

Studies on the phase of irrigational reservoirs.

—— Preliminary report ——

Tadao Maekawa (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received August 12, 1956)

I　陸水形態としての貯水池

水文学は地球上の水圏を海洋と陸水に大別し，陸水をさらに地表水と地下水に類別し，地表水は河川のような流水と湖沼のような静水とに分類している．貯水池（Pond，Reservoir）はこの地表水中の静水の範ちゆうに入り，湖沼（Lake，Swamp）とは姉妹関係にある．したがつて湖沼学の先覚者F.A. Forel（1841～1912）が湖沼に対して下した次の定義はそのまゝ貯水池にもあてはめることができよう．[1]「湖沼とは四方陸地に囲まれた窪地の中にあり，海とは直接に連絡していない静止する水塊である.」すなわち水文学的には湖沼も貯水池も陸水形態としては区別される性質のものではない．ただその成因において湖沼の無目的なるに対して貯水池は有目的であることが両者を区別する基本的因子であり，これが両者の構造，生態，利用などにわたつてある程度の性格的差異を示す要因となつていることが予想される．すなわち湖沼は自然力によつて生成されるのに対して貯水池は人為的に造成されるものである．火山の火口，地殻の陥没，氷河の侵蝕，熔岩流あるいは砂流などによる渓流の堰止めなどによつて地表に形成された窪地に水を湛えたものが湖，沼，沼沢であり，いずれもその成因をなす原動力は自然力である．そこには人間の存在，人間の意志の存在を必要としない．これに反して貯水池は人間の意志によつて初めて存在するもので必ずなんらかの目的をもつて造成せられるものである．この成因の基本的差異は自らその利用の面で異つた性格を示すこととなろう．

湖沼も貯水池も今日では，発電，工業，農業，生活などの利水から河川の流量調節，洪水防禦などの治水に至るまで現在生活における水資源活用の対象として最も重視され利用されている．したがつて湖沼もその貯水利用度の増加に伴つてあるいは流出口に堰を設けて水位の上昇をはかり，あるいは湖岸に隧道を穿つて水位を低下せしめるなどの人為的施設が加えられつつある．しかし湖沼の貯水利用は一般に平水位を中心とする一部であるのに対して貯水池の利水は多くの場合貯水全体を対象とするが故に湖沼水位の年変化は表層に現れるにすぎないが，貯水池水位はほとんど全水位にわたつて変化する場合が多い．この水位変化の相異は両者の水質，水温，生物などの生態から池岸侵蝕，流入堆砂の機構にまでえいきようし，さらに貯水池が有する堰堤，取水，土砂吐などの人為的構造物の存在も湖沼とは異つた性格を貯水池が示す要因となつていることが考えられる．

生成の沿革からみると湖沼は貯水池に比して著しく古いものの存在が推定されるが，秋本湖，大正池（湖）の如くその生成が極めて新しい時代に属するものもある．貯水池造成の沿革は，人類史以前から存在するであろう湖沼には比すべくもないが，モルガンの説のように世界の農業史が水利史と一致するとすれば数千年の歴史を有する古い貯水池も存在するであろうことが想像され，一方水資源活用のため最近では毎年数百個の貯水池がわが国でも造成されつつある．貯水池と湖沼の沿革の巾は著しく異るとはいえ，その生成と変移は共に類似の過程をたどりつつあるものといえよう．

またその規模において貯水池は湖沼に比して一般に小であるとの通念があるが，近時の大貯水池は大なる湖沼に匹敵するものが造成されつつある．たとえば，アメリカのHoover Damによつて形成されたMead Reservoir[2]は琵琶湖に匹敵し，北海道雨龍第一貯水池[3]は田沢湖に匹敵する．また最近その計画が発表されたエジプトのAs-

wan High Dam[4]の如きは貯水量1280億m³におよび世界的大湖の列に加わるであろう．かくの如く貯水池と湖沼とは，その規模においても漸次近接しつつあるというべきであろう．かくの如く貯水池と湖沼とは陸水形態としては基本的には異る存在ではないが，ただその成因に起因する相異は利水と関連してその生態機構にかなりの差異を示すものではなかろうか．

従来湖沼学はその研究分野として貯水池をも包含しているが，実際に研究対象として採り上げられているものは主として湖沼であつて，貯水池についての調査研究をおこなつた事例は乏しいようである．吉村信吉氏の湖沼学においても，またPAUL S. WELCHのLimnology[6]においても Pondは special typesとしてこれに僅の頁をさいているに過ぎない．その理由としてはやはり前記の成因と利水に関連した両者の二次的性格の相違によるものと考えられよう．

Ⅱ　日本および香川県におけるかんがい用貯水池の現状

(1)　日本におけるかんがい用貯水池の現状

わが国は古来水稲の国として早くよりかんがい用水源としての貯水池が造成されてきたことは古事記，日本書紀などの古文書に見られるところである．[8,9]これら古い貯水池が主として大和，河内などに造成されたことは該地方が古代わが国文化の中心地帯であり，農業開拓の先進地であつたことから理解できることであろう．しかし後述するように奈良県，大阪府などは現在も貯水池が多い地帯であることから考えて，単にこの地方が前記理由による他に地形気象などの自然的条件も貯水池を必要とする重要因子であつたことが予想される．

竹内常行氏[10]は全国的に貯水池の分布について研究され，その分布の要因を抽出されている．それによると，貯水池分布の粗密を支配する要因はかんがい面積とその集水流域面積との不均衡を第一とし，それに貯水池造成適地の存否と降水量多寡の自然的条件とが相まつて決定づけられていることを指摘されている．さらに附帯的因子として農業土木技術の進歩，水利系統の統合，水利組合の協調などの点も挙げられている．

全国的貯水池に関する研究は前記竹内常行氏の地形図上計測が唯一のものではなかろうか．その分布図によれば特に貯水池の多い地方は，兵庫，香川，大阪などの瀬戸内沿岸の諸府県であることを示している．

全国的貯水池の統計的調査は主として農林省においてこれまで数回試みられてきたようであるが，そのほとんどは特定の構造，特定の規模，あるいは欠陥ある貯水池などについておこなつてきたものであつた．

最近に至つて農林省は全国的にかんがい用貯水池の実態調査を実施しその集計の一部が発表された．[11]この調査は昭和27年度に着手し各都道府県を通じ各市町村別にその規模の大小を問わず一切のかんがい用貯水池を対象としたものである．そのうち受益面積5ha以上のものおよびなんらかの欠陥を有する貯水池については特に詳細なる事項にわたつて調査している．

この調査の結果によると従来その個数さえ謎とされていた全国かんがい用貯水池は291,060個と集計された．この個数の信頼度については，その調査の性質上ある程度の疑問をさしはさむも，現在の段階ではこの程度の概数をもつて足れりとする外はないであろう．

第1表は全国291,060個の府県別および地帯別個数であり，第1図は以上の分布を図示したものである．この図表から全国的分布の傾向をみると10,000個以上の府県は兵庫，香川，島根，山口，広島，奈良，長崎，新潟，岡山の9県で，1,000個以下は東京，山梨，神奈川，高知，群馬，北海道，鹿児島，栃木，埼玉，宮崎の10都道府県である．最大は兵庫県の50,431個，最小は東京都の47個で，1府県平均6,327個となる．次に北海道を除いて全国を日本海岸，太平洋岸および瀬戸内沿岸の3地帯に大別してみると日本海岸地帯（12県）72,928個で1県平均6,077個，太平洋岸地帯（21県）62,422個で1県平均2,972個，瀬戸内沿岸地帯（12県）155,149個で1県平均12,929個となる．すなわち，全国46都道府県のうち瀬戸内沿岸地帯12府県でその大半を占め，特に兵庫県は1県で全国の6分の1をこえ，それに香川，岡山，広島，山口の4県を加えると112,349個で全国の3分の1をこえる貯水池を有することがわかる．

以上の分布は府県別個数であるが，府県の面積には著しい広狭があり，かんがい用貯水池はその水田面積と密接な関係にあるから，各府県の水田面積の1km²（100ha）当りの貯水池個数を求めると，その分布の粗密度はさらに妥当な比率を示すこととなる．第1表および第2図はこの値を図表示したものである．この図表が示す全国的貯水池密度は，前記府県別個数分布と全般的傾向にはほとんど大差なく，水田1km²当り貯水池個数は日本海岸地

第1表 全国かんがい用貯水池

府県名	貯水池個数	水田面積(ha)	貯水池個数/水田面積 km²
北海道			
北海道	561	148,340	0.38
日本海岸地帯			
青森	1668	70,620	2.36
秋田	5806	104,370	5.56
山形	2451	97,650	2.51
新潟	13133	176,980	7.42
長野	2844	70,350	4.04
富山	4572	72,950	6.26
石川	5270	50,950	10.33
福井	1160	46,380	2.50
鳥取	1725	31,510	5.48
島根	17897	49,220	36.38
佐賀	2272	52,150	4.35
長崎	13569	30,380	4.46
小計(平均)	72928	853,510	8.54
太平洋岸地帯			
岩手	9484	64,070	14.79
宮城	7036	104,200	6.75
福島	5756	98,400	5.85
茨城	1434	92,750	1.97
千葉	1373	101,150	1.36
栃木	701	74,730	0.94
群馬	552	35,120	1.57
埼玉	820	67,530	1.21
東京	47	7,270	0.64
神奈川	185	17,380	1.06
山梨	144	17,100	0.84
静岡	1127	56,000	2.01
愛知	6735	85,890	7.84
岐阜	3497	61,670	5.67
三重	9569	67,410	14.20
和歌山	8192	24,960	32.77
徳島	1388	28,030	4.96
高知	521	36,000	1.45
宮崎	935	46,580	2.01
熊本	2242	71,630	3.13
鹿児島	684	55,210	1.24
小計(平均)	62422	1213,080	5.15
瀬戸内沿岸地帯			
滋賀	7290	60,800	11.99
京都	2247	36,870	6.08
奈良	13801	27,690	49.82
大阪	3567	30,640	11.66
兵庫	50431	88,540	56.98
岡山	10570	80,190	13.17
香川	18606	35,490	52.41
広島	15981	69,240	23.09
愛媛	5137	40,190	12.77
山口	16761	64,620	25.95
福岡	7056	90,920	7.76
大分	3902	49,780	7.84
小計(平均)	155149	674,970	22.99
総計(平均)	291060	2,889,900	10.07

兵庫県および香川県の貯水池個数は筆者が直接両県より得たる資料により修正した.

帯は8.54個，太平洋岸地帯は5.15個に対して，瀬戸内沿岸地帯は22.99個で著しく密度大であることが明きらかとなる．これを府県別にみると，兵庫の56.98個，香川の52.41個，奈良の49.82個などが特に密度が大である．

さらに前記農林省の全国貯水池の統計的調査資料では，貯水量，かんがい面積，貯水池の欠陥などについて調査しているので，2，3の事項について全国的概況をうかがい知ることができる．この全国291,060個の貯水池が貯溜する総貯水量は第2表の如く2,189,656 (10^3m^3) であり，1個の貯水池の平均貯水量は7,520m^3で，甚だ少く，いかに小規模貯水池が多いかを知ることができる．またかんがい面積反当貯水量は香川の466m^3を最大に群馬の60m^3を最小に，全国的には瀬戸内沿岸地帯に大きく全国平均194m^3となつている．

貯水池の欠陥については受益面積5ha以上の貯水池48,970個のうち，余水吐，漏水，流入土砂，取水設備その他なんらかの欠陥を有する貯水池は延26,931個で約55%におよんでいる．これは受益面積5ha以上のかなり規模の大きい貯水池についての比率であるから，あまり省みられないそれ以下の小規模貯水池については，さらに多くの欠陥があることが予想される．

第2表　全国かんがい用貯水池総括表

地帯別	府県数	貯水池個数	同 %	1県平均貯水池個数	水田面積(ha)	水田1km²当貯水池個数	貯水量(10³m³)	貯水池1個当貯水量(m³)
北海道	1	561	0.19	561	148,340	0.38	50,339	90,000
日本海岸	12	72928	25.06	6077	853,510	8.54	476,945	6,540
太平洋岸	21	62422	21.45	2972	1,213,080	5.15	538,406	8,630
瀬戸内海沿岸	12	155149	53.30	12929	674,970	22.99	1,123,966	7,240
総計(平計)	46	291060	100	6327	2,889,900	10.07	2,189,656	7,520

(2) 香川県におけるかんがい用貯水池の現状.

前項全国的貯水池の現状から瀬戸内沿岸地帯に貯水池が多く，その内でも香川県は兵庫県，奈良県などの諸府県と共に特に貯水池の多い県であることが理解できる．香川県の貯水池については，やはり最近まで全般的実態は詳らかでなくその個数さえも2万といい3万と称する程度の予想にすぎなかつた．しかし昭和27年度から行われた全国的貯水池調査の一環として県下に実施された調査から，その個数および2，3の事項についてかなり信頼性のある集計が得られた．それによると香川県下の貯水池総数は18,606個であり，小豆島始め島嶼部を除いたもので17,788個であることが明らかとなつた．もつともこの個数には現地踏査によつて脱落せる貯水池もかなり発見されるのである程度の誤差が伏在すべく，実数は相当これを上廻ることが予想される．一方5万分の1地形図上計測（島嶼部を除く）では1,986個記載されており，したがつて水面積0.3ha 程度以下の貯水池がその大部分であることも理解できる．

これ等香川県の貯水池の全般的現状については既に報告(12)したから詳述をさけ，2，3の要点について以下略述するに止める．

県下(以下島嶼部を除く)17,788個の貯水池は1ヶ町村平均122個となり，最大は三豊郡二の宮村の788個から琴平町その他2,3ヶ町村は皆無となつている．分布密度は綾歌,三豊の2郡に密で全県個数の約半数(48.9%)を占めている．香川県の代表河川である香東川,土器川の沿岸には一般に密度小で,概して規模の大なるものが分布し，その他の小河川沿岸は密度大で小規模のものが多くなつている．池敷総面積は5638.9haで県下水田面積の約15.8%に当る．

貯水池1個の平均池敷面積は0.31haの狭小なものとなり，1ha以下のもの16,977個で総個数の95.4%を占め，いかに小規模貯水池が多いかを示している．池敷面積5ha以上のものは総数の0.9%に当る150個で50 ha以上のもの8個，最大は104ha（最近嵩上げにより136haに拡張）の満濃池がある．

かんがい面積と池敷面積との比率は全県平均で21%，すなわち1個の貯水池は自己の占める面積の約5倍の水田しかかんがいしていない訳である．

なお図上計測によるものであるが，貯水池の立地環境では麓池が最も多く62%を占め，つづいて野池28%，山池10%を示し，また貯水池の標高ではその大部分の88%までが100m以下に立地している．

香川県は古来貯水池の多い県として知られ，空海の名と共に全国的に著明な満濃池あり，また堰堤構造の特異な点で土木技術界に熟知されている豊稔池を持ち，県下水田面積の約70%までがそのかんがい水源としてこれ等約2万個の貯水池に依存しているのが現状である．しかしこれほど多くの貯水池をもつてしても現在なお用水は潤沢ならず，加えて今后水稲二期作，畑地かんがいなどの用水問題をひかえ，新しい水利問題が起りつゝある．最近多目的なる内場，長柄の二大貯水池を始め数個の貯水池が完成しつゝあるが，一方従来からの古い貯水池は漸次老朽化し幾多の欠陥を示し改修を要するもの65%に達すると云われる．最近これ等香川県下の用水問題の根本的解決の手段として隣県吉野川の河水を導水せんとする構想が総合開発の名のもとに生れつゝある．古人が営々として築き修築し累積して現在に到つている香川の歴史的群小貯水池も，今や，農業用水源としての価値を批判される時代に立ち到りつゝあるものと云えるであろう．

Ⅲ 研究の目的およびその分野

(1) 研究の目的

農業用水源としての貯水池の重要性は前節全国および香川県の貯水池の現状からみても充分理解し得るところであり，特に河川，湖沼，地下水などの水源に恵まれていない地帯の貯水池への依存性は甚だ大なるものであること

が理解できる.

しかるにこれら全国的には約30万個，香川県下でも約2万個に達する大小新旧様々なるかんがい用貯水池については現在のところその概数を知り得る程度に止まり，その他2，3の関連事項も照会資料の集積で真にこれら貯水池の実態把握には基礎資料として満足しうるものではない.

一方貯水池の姉妹関係にある湖沼については前述のように相当深く調査研究が進められているのに対し，貯水池については，湖沼学としてもその研究の対象として従来軽視されてきた感がある．もつとも貯水池の堰堤その他構造物とそれに関連した水温，堆砂，流入，取水などの問題は土木技術の面からは勿論検討されつゝある．しかしこれ等研究の対象も勢い大規模あるいは新設貯水池に向けられ，古い群小貯水池はやゝもすれば省みられない状態におかれており，したがつてこれ等の貯水池についての研究資料は甚だ乏しい.

香川県の貯水池についてみても，最近築造あるいは改修されたものか，特殊事情によつて対象となつた貯水池については，かなり詳細なる実態資料が得られるが，大部分の貯水池についてはその実態は全く未知である.

かゝる状態は独り香川県に止まらず，全国的に，殊に群小貯水池の多い瀬戸内沿岸地帯の諸府県においても同様な問題として残されているであろう.

この調査研究は以上の諸点から香川の古い群小貯水池の実態を少しでも明らかにし，貯水池に依存する地帯の共通的課題として採り上げたものである.

(2) 研究の分野

貯水池の実態調査は甚だ多岐に亘るものであり，しかも殆んど未知の状態にある貯水池を対象とするが故に，調査の分野はまず一応全般的なものから始めねばならない．すなわち調査は，歴史的沿革から地理，水文，土木なの自然及び技術の分野から，さらに貯水池利用の経営政策の面に到るまでの広範なる事項に亘らねばならない.

まず歴史的沿革としては築造年次，その后の欠潰，改修，増築などの推移と災害，老朽化，欠陥発生の過程からさらに進んで築造の要因として周辺の開拓史にまでさかのぼる必要があろう.

次に地理的課題としては，その個数から，分布，規模，形状，標高，地質，環境などを流域，水系，水田との関連において検討する必要があろう.

第三の水文的事項としては，気象的要素，特に降水量を基礎として，集水流域，集水量，流出率，洪水量，流入土砂量など，更にこれと関連する水位変化，貯水量，水面積，取水量，放水量など主として水の動的面からの検討がなされねばならない.

第四の水質的事項としては，水温，水色，透明度，PH，プランクトン，動物植物などの物理，化学，生物学的課題にまで及ぼす必要があろう.

第五の土木技術的調査としては堰堤を中心として，その位置，地形，型式，構造，材料，さらにその附帯設備である余水吐，放水路，取水設備など主として構造物に関する調査が必要である.

第六の農業経営と関連する事項としては，かんがい面積，水利系統，用水慣行，維持管理から，さらに用水過不足，欠陥，多目的利用などにまで及ぼす必要があろう.

以上の如く貯水池調査の分野は広く，何れの一事項を採り上げても，また一個の貯水池を対象としても，その正確を期することは甚だ困難であることが予想される．まして香川の約2万個に近い貯水池を対象とすることは不可能であるが，一応その outline を知るためにできるだけ多くの事項を採り上げ，また貯水池もその位置，環境，規模などからできるだけ多くの貯水池を抽出選定して調査する方針をとつた.

Ⅳ 研究調査の方針および方法

(1) 調査の方針

現地調査に先立ちまず各町村毎に代表的貯水池を平均数個ずつ選定した．この選定は，5万分の1地形図と県の貯水池資料および各町村に照会した貯水池に関する報告によつて，規模の大小，環境の相違に重点をおき抽出した.

規模の大小では各町村内で一方に偏せざるように選んだが，結果的には極く小規模のものは採用されなかつた．全国的に有名なる満濃池はその規模特に大であり，また堰堤が多拱式の豊稔池，最近多目的貯水池として完成したコンクリート重力堰堤の内場，長柄の両貯水池はそれぞれの特殊事情により除外した．もちろんこれ等の貯水池の実態はすでに明らかにされている.

貯水池選定の基準として最も重視したのはその環境である．貯水池の性格はその環境によつて大きく支配され，環境による貯水池相の存在が，すでに本調査以前から，県下の貯水池踏査，地形図上の計測などを通じて推定されていたので，次のように環境による分類を試みた．

a　山池（Mountain Reservoir）

河川の本流又は主要なる支流を山間渓谷において締切るもの．

b　麓池（Hillside R.）

山麓の小渓流又は丘陵地の窪地を締切るもの．

c　野池（Field R.）

平野地の窪地又は僅かの高低差を利用して締切るもの．

以上の環境別分類によつて一応各町村毎に適宜抽出し，現地踏査により更に実態に即した類別を行つた．

この環境による分類は貯水池調査検討の基本的因子として取扱い，環境別池相を理解することに本研究の焦点をおく方針をとつた．本研究の表題もかゝる点を示しているものである．

(2)　調査の方法

調査貯水池の選定は前項の方針により，県下で約950個を抽出した．これ等貯水池に関する調査事項は約50項目に亘るが，これを大別すると現地踏査によつて短時日に行いうるものと，かなり長期間に亘る観測を必要とするものとに分けられる．

現地踏査で明かにし得るものは，位置，環境，水系，満水面形状，地質，流域の概要，欠陥の有無などの一般的事項，また主として実測し得たものは，堰堤，余水吐，取水設備などの構造物に関する事項，更に聞取り或は土地台帳によつたものは用水過不足，欠陥，かんがい面積，満水面積，かんがい期間，水利系統，多目的利用，沿革などの事項であつた．

長期観測を必要とするものとしては降水量，水位変化，水温，透明度，PH，などでこれらの事項については前記950個の全貯水池に亘り実施することは不可能のため，環境別に最も典型的なものとして次の4個の貯水池を選定した．

山池――城池（木田郡山田村東植田）

麓池――奥の堂池（木田郡三木町田中）

麓池――男井間池（木田郡三木町平井）

野池――平田池（木田郡三木町田中）

これら4個の貯水池については，降雨量，気温，水温，水位，流入，取水，余水吐溢流状況，さらに水温の鉛直分布，透明度などについて観測を行つた．なおこれ等4個の貯水池が木田郡に集中したことは，直接観測の便宜のためばかりでなく一水系の貯水池を選んだ結果でもある．

次に流域，降水量，流出量，流出率などの水文的事項については，さらに長期の観測を必要とするので，春日川上流で流域826.6haを有する神内上池（山池）を選んだ．この流域は更に6流域に分割し，流域内において降水量（7ヶ所）河川水位（4ヶ所）の観測を行うことにした．

現地調査は短期と長期によつて次のような時期および方法をとつた．

950個の全般的調査は1954年より開始し，教室関係の職員および学生諸君を煩わして行つた．調査担当者は地形図，テープ，折尺，クリノメーター，磁針，写真機などを携帯し現地を踏査することとした．4個の特定貯水池の調査は1955年6月から開始し，大部分の事項については毎日午前9時観測を1ヶ年間連続して行つたが，その担当は附近の篤志家に委託した．たゞし水温鉛直分布，透明度などの事項は1ヶ月に1回ずつ教室関係者の直接観測によることとし，てんとう温度計，セツキー透明度板，採泥器，測錘，ゴムボートなどを携帯した．流出率測定の神内上池については，1953年度より開始し，大部分の事項は現地に委託し毎日午前9時観測とし，特定降雨時には教室関係者による直接観測を行うこととした．

これ等の調査は現在の所完了せるものもあり，なお続行中のものもある．さらに実態資料をできる限り集積するため県土地改良課，河川課などに保管せる貯水池資料の貸与を願うこととした．

V　調査貯水池の概要

調査貯水池のうち長期観測の対象としたものについては前節で触れたからこゝでは全般的調査を行つた約950個

の貯水池について述べる．

調査資料の集つた約950個の貯水池中には調査不充分，不明確のものも相当あり，これ等不備なものを除いて検討可能なものとして739個を得た．その分布は第3図のようにほとんど全県下に亘り，これを県下貯水池分布図（既報）(12)と対比しても，その分布，粗密の度においてほとんど一致している．

次に調査貯水池を満水面積別に分類すると第3表のように739個のうち1ha以上のものが544個で約74%となり，がいして大きい貯水池を対象としたこととなる．これは個数においては県下総個数17,788個に対して4.2%に過ぎないが，満水面積1ha以上のものでは70%に当る．

第3表 満水面積別調査貯水池

満水面積（ha）		1ha以下	1～5ha	5～10ha	10ha以上	総個数
調査貯水池	個数	195	429	66	49	739
	同上比率	26	58	9	7	100
全貯水池	個数	16977	661	82	66	17788
	同上比率	95.4	3.7	0.5	0.4	100
全貯水池に対する調査貯水池の比率		1.2	64.9	80.5	74.2	4.2

また集水面積を明らかにし得た貯水池は739個のうち，僅かに131個であつた．これは踏査結果貯水池の位置が地形図上に明らかにされたもののうち，地形図上でその流域を明瞭に識別しうるもののみについて測面器で図測する方法をとつたためである．香川の貯水池には平坦地に野池が多く，また麓池にしても小溪流を締切るものが多いので，図上で流域の等高線を追跡することが甚だ困難であつた．この集水面積を明らかにし得た131個の分布は第4図に示すように，大体前記739個（第4図）の分布と一致するが，平坦地の多い地帯には野池が多いため自ら粗になる結果となつている．

さらに739個および131個の貯水池をそれぞれ環境別に分類すると第4表のようになる．すなわち山池45個，麓池454個，野池240個である．麓池が過半数を占めているのは香川の地勢から山麓，小溪流の発達によるべく，つづいて野池が多いのは，開拓の歴史古く，また遠隔の親池にのみ依存することの危険性から子池，孫池として平坦に発達したためであろう．山池の少ないことはやはり香川の地形および河川の規模からみて予想されるところである．なおこれ等実測739個の環境別個数の比率は，県下17,788個の環境別図上概測比率(12)と大差はない．

第4表 環境別調査貯水池

環境		山池	麓池	野池	計
調査全貯水池	個数	45	454	240	739
	同上 %	7	61	32	100
集水面積を明にしえた貯水池	個数	24	107	0	131
	同上%	19	81	0	100

集水面積を明らかにし得た131個の環境別では山池24個，麓池107個で野池は皆無である．山池はがいして集水面積を図測し易く45個中24個を得たが，麓池は困難なるもの多く454個中107個にすぎず，野池は前記理由により集水面積を明らかにすることはことごとく不可能であつた．ここに集水面積と称するのは直接流域であつて，麓池などは間接流域に依るものも相当あることが考えられが，これを明らかにすることはできなかつた．

以上は調査貯水池の概要であるが，県下全貯水池と対比して，今回の調査が，その分布と粗密においてほとんで一致し，その環境別分布においても大差なく，たゞその個数において僅か4.2%に過ぎないが，満水面積1ha以上のものでは70%を占めていることとなる．したがつて今回の調査検討は，かゝる条件のもとにおいて香川の貯水池の性格分析に適合せるものと考えて差支えないであろう．

なお香川の群小貯水池を対象とする検討の際，全国的貯水池の性格もある程度併せ検討することが必要となつて来る．全国的貯水池資料としては個々のものは別として全国的にまとまつたものは本邦高土堰堤誌(4)および日本発電用高堰堤要覧(3)がある．

本邦高土堰堤誌は昭和9年農業土木学会において刊行せるもので，本誌に採録せる貯水池は，総数263個で，その分布は日本および朝鮮全域に亘つている．採録の基準は大体堤高50尺（約15m）以上，貯水量5,000立坪（約180

,000m³）以上，満水面積10町歩（約10ha）以上の貯水池となつている．貯水池の利用目的はかんがい用のものが大部分であるが，発電用，上水道用のものも多少含まれている．本誌刊行以来約20年，その間全国的には幾多の土堰堤が築造されて来たが，しかし本誌に採録せる土堰堤は現在も尚重要なる貯水池であり，ことに土堰堤である香川の貯水池との対比には好個の資料と云うべきであろう．

日本発電用高堰堤要覧は昭和29年発電水力協会から刊行されたもので，やはり堤高15m以上の貯水池が採録されており，総数202個で，うち工事中のもの40個を含んでいる．堰堤は大部分コンクリート重力式で，土堰堤は15個に過ぎず，その他数個の扶壁．石塊，拱などの特殊型式のものを含んでいる．

以上二つの資料は共に全国に亘るものであるが，その分布の傾向をみると前者は，その約46％までが瀬戸内沿岸地帯にあり，後者はこれと逆に約59％までが中部，東北，北海道など山岳の多い地帯に立地していることは今后の検討上注意すべきであろう．これ等２資料の貯水池個数および地方的分布の概要は第５表に示す通りである．

第5表　地方別引用資料貯水池

資料	総個数	北海道	東北	関東	中部	近畿	中国	四国	九州	内香川
本邦高土堰堤誌	263	11	13	10	24	36	61	18	48	(11)
日本発電用高堰堤要覧	202	18	29	14	72	11	20	16	22	(0)

む す び

この研究は以上述べた如き目的と方針のもとに香川県下の貯水池を採り上げ，特にその環境に重点をおき，その実態から貯水池相を探らんとするものである．しかし，その個数と調査事項を多く望めばその結果は浅薄となり，深く追求せんとすればおのずから制約を受けて局部的となり，その全きを期することは到底１個人が短期間に果しうるものではない．たゞ一事項でも調査資料の整い次第これを検討しつゝ更に調査を続行し，貯水池相の一斑でも明らかにし得れば幸いと思つている．なおこの一連の研究は文部省科学研究交付金，農林省および香川県よりの委託研究費によつて実施中のものであり，これら関係当局各位に深謝する．

参 考 文 献

(1) 吉村信吉：湖沼学，(1936).
(2) CYRIL, S. FOX：Water, (1951).
(3) 発電水力協会：日本発電用高土堰堤要覧，(1954).
(4) 農業土木学会：本邦高土堰堤誌，(1934).
(5) 田中阿歌麿：諏訪湖の研究，(1918).
(6) WELCH：Limnology, (1952).
(7) 土木学会誌：**41** (5), (1956).
(8) 田中貞次：灌漑排水，(1941).
(9) 牧隆泰：農業工学，(1943).
(10) 竹内常行：溜池の分布について，地理学評論，**15** (4〜6)，(1939).
(11) 秦野政明：日本における溜池の現状，Concrete Dam, **15** (11), (1956).
(12) 前川忠夫：香川県の溜池について，香川農大学術報告，**6** (3), (1955).
(13) 薗村光雄：大阪府下における溜池の調査研究，農業土木研究，**16** (4), (1952).
(14) 稲見悦治：台地の開発と水利施設形成過程，地理学評論，**28** (2), (1955).
(15) 竹内常行：加古川明石川間洪積台地の溜池，地理学評論，**18**, (1949).
(16) 喜多村俊雄：日本灌漑水利慣行の史的研究，(1950).
(17) 秋葉満寿次：日本における灌漑の一性格と歴史，農学，**18** (2), (1948).
(18) 中野宗治：陸水を利用する水産増殖，農学，**18**(2), (1948).
(19) 和田保：溜池の災害について，九州災害調査報告書，(1954).

Résumé

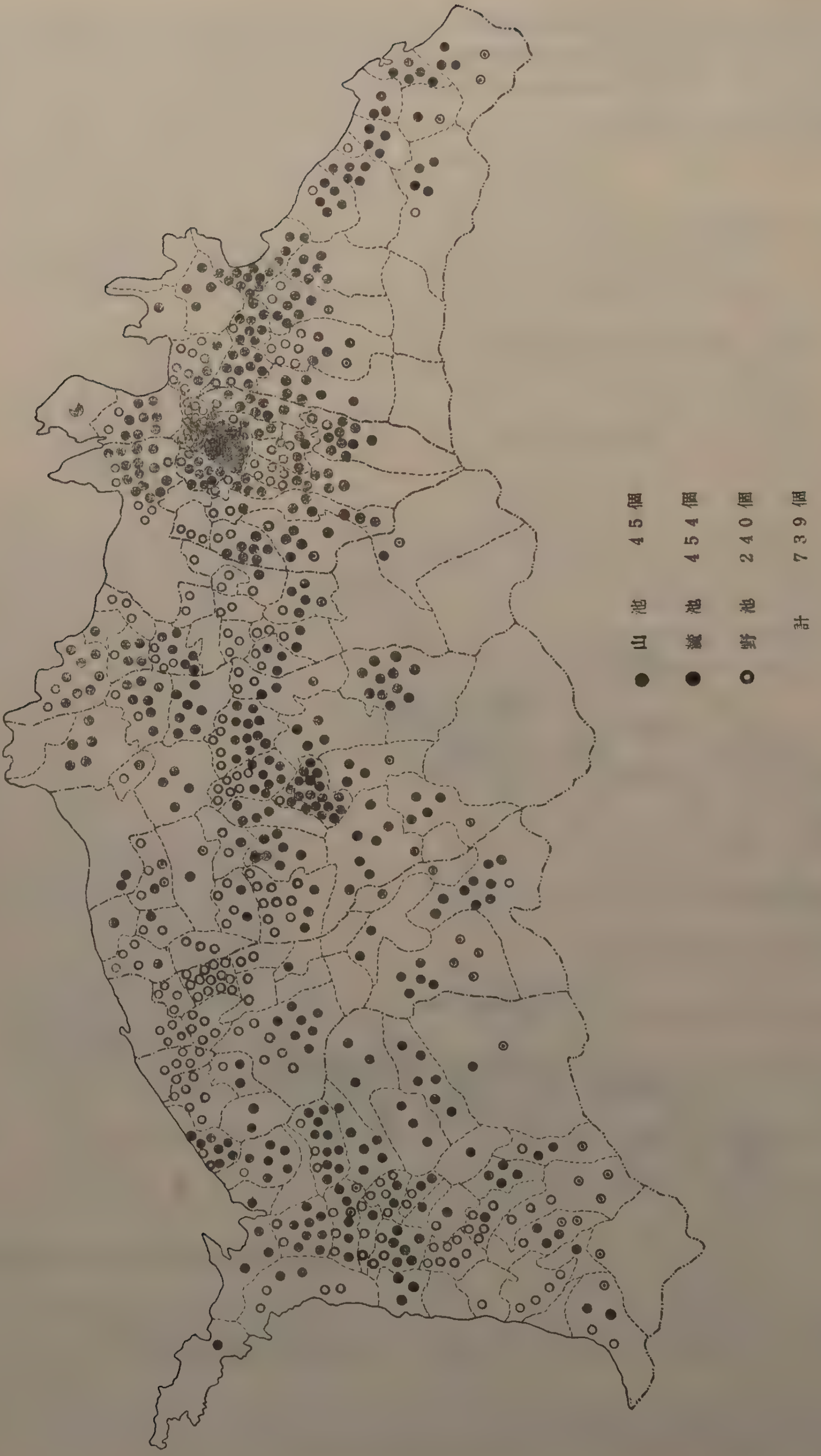
1. The reservoirs are considered as having the peculiar phase comes from the environment. This work is a prelimiary report of the study to survey the phase of the irrigational reservoirs in Kagawa Prefecture.
2. First, we began to study by comparing the reservoirs with lakes as a shape of inland water.
3. Secondly, related the present condition of the irrigational reservoirs in Kagawa Prefecture

and Japan.

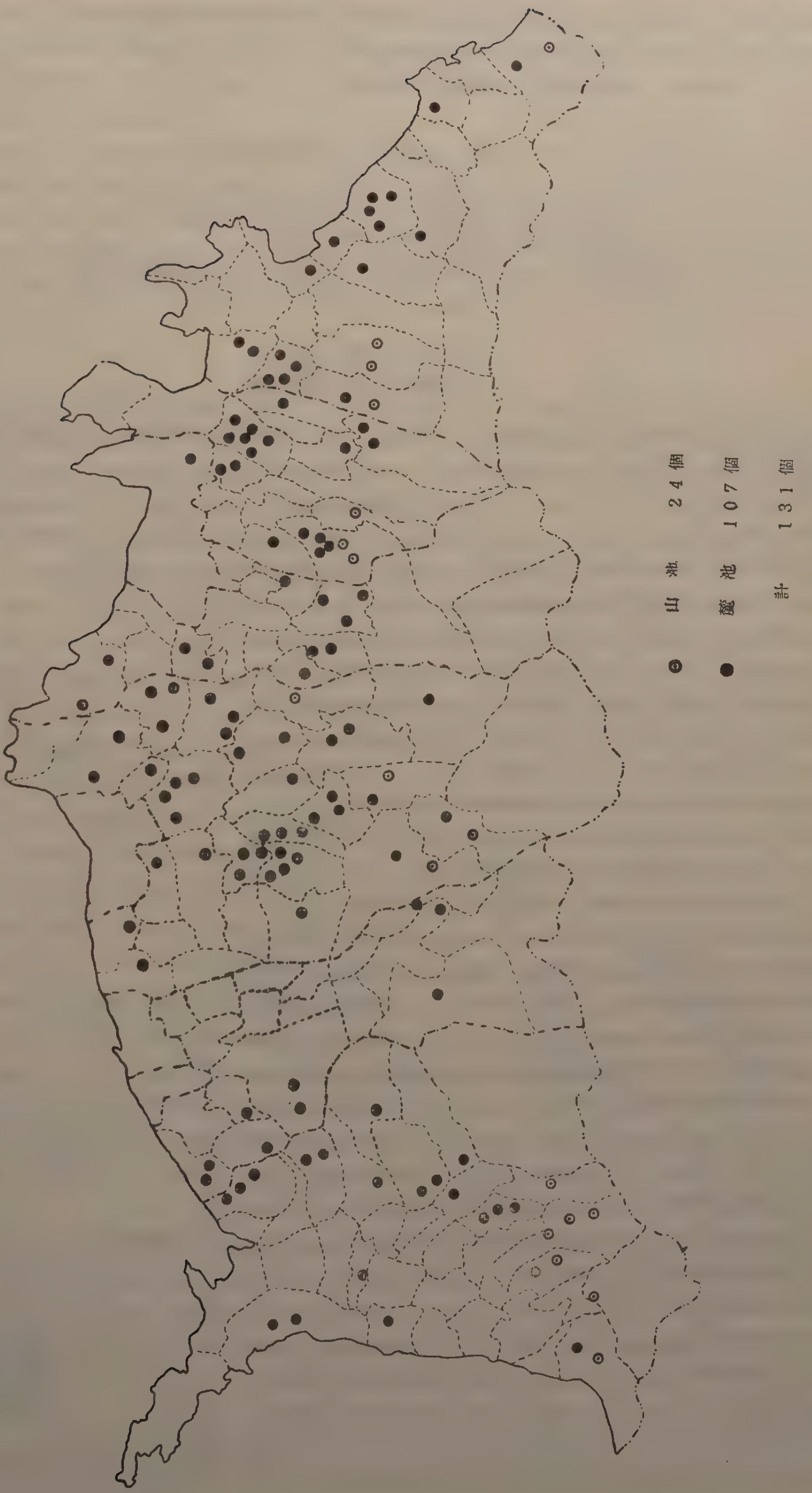
4. Then wrote down the division, object of the study and the method, direction of the investigation.
5. I wrote the outline of those reservoirs we had investigated about and the reservoirs quoted.
6. Then as the materials investigated are ordered, I am going to examine more clearly in to the reservoir phase.

第1図　全国かんがい用貯水池分布図

第2図　かんがい用貯水池密度分布図



第3図 調査貯水池分布図



第4図 調査貯水池分布図
集水面積を図測し得た貯水池

かんがい用貯水池相に関する研究

――貯 水 池 の 環 境 に つ い て――

前　川　忠　夫

Studies on the phase of irrigational reservoirs.
――On the environment in reservoirs――

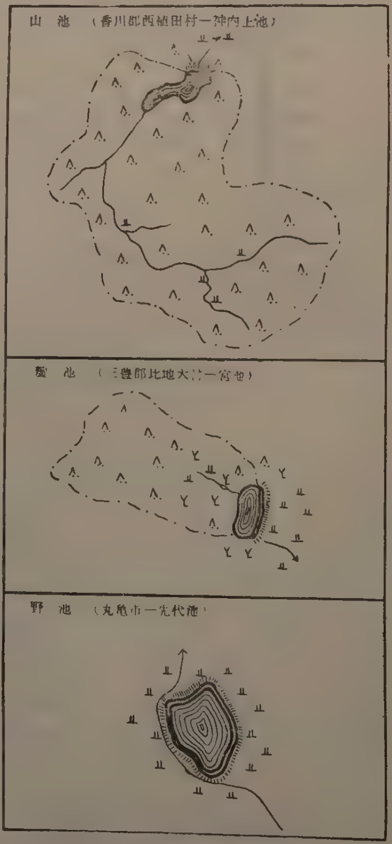
Tadao MAEKAWA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received 12, 1956)

I　貯水池の環境

香川県下の貯水池を踏査し，図上計測を通じて案ずるに，貯水池が立地せる環境は甚だ多変であることを知る．山間，山麓，平野地など至るところに散見するが，これら貯水池を個々について見ると，その周辺の地形，地貌，植生はもちろん地質，標高，方位などそれぞれ各貯水池独自の環境のもとに立地している．この環境の相異は貯水池の性格を左右する重大なる因子と考えられる．たとえば地形は貯水池の平面および鉛直形態，水深，貯水量を規定し，地質と関連して堰堤の型式規模構造を左右する．流域の地貌，植生，土性は流入水および流入土砂の量，質を支配し，さらに堰堤附帯工作物の構造規模にまで及ぶであろう．地形，標高，方位などは降水，蒸発，日照，風などの気象因子によつて貯水量，波浪，水温などが左右され，堰堤の安定性とも関係するであろう．環境はまた貯水池の利用，管理の面にも大きい相異を示すであろう．かく考えるとき個々の貯水池が示している性格は，その貯水池を囲繞する環境によつて育成され環境の変化に伴つて絶えず生成変移しているものと理解し得よう．一方逆に貯水池の存在はその周辺に対して主として水文学的えいきようを及ぼすものと考えられ，したがつて貯水池とその環境とは相互に作用しあい平衡を保つている姿こそその貯水池が示す現在の池相と云うべきであろう．

さてこゝに云う貯水池の環境とその変移には自然的要素の外に多くの人為的要因が存在する．また環境の変移は緩慢に起る場合と急激に発生する場合とがある．流域の山林伐採，開墾などによる土地利用の変化は人為的環境の変移であり，地震，豪雨などによる池岸，流域の崩壊などは急激なる自然的環境の変移であろう．また波浪による池岸侵蝕，池底堆砂などによる貯水池形態の変化は緩慢なる自然的変移であり，貯水池規模の拡大あるいは縮小などは急激なる人為的変移の例であろう．かくの如く貯水池相は自然と人為による変移の過程を辿る環境のもとにおいて初めて示されるものでありまた見出さるべきものであろう．貯水池環境がこのように貯水池相を規定づけるものとすれば，貯水池新設の場合にその環境位置の選定は甚だ重要なる要素となり，また築造後も貯水池の利用管理の点からその環境を重視しその変移に細心の注意を払うことが要求されることとなろう．



第１図　貯水池の環境（基準例）

さて環境多変な貯水池を類型的に分類することは厳密な意味で不可能に近いが，序報(1)でも述べたように，これまでの県下貯水池踏査と図上計測などを総合して，山池，麓池，野池の３種の環境に大別するときかなり共通的な池相の存在が推測される訳である．これは環境因子として水系，地勢，土地利用に重きをおいた分類であつて，かゝる

推測はその后の調査を通じてその妥当性がかなり裏付けられつゝある．すなわち山池は河川の本流または主要なる支流を山間渓谷において締切る貯水池で環境はほとんど山林であり，麓池は山麓の小渓流または丘陵地の窪地を締切るもので，附近は傾斜畑，棚田，山林などであり，野池は平野地の窪地または僅の高低差を利用して締切るもので，周辺はほとんど水田よりなるものである．この3環境による分類は今后多種多様なる貯水池相を追究する場合の基準環境として取扱うこととする．

なお以上の定義によつて分類された3環境の貯水池はその代表として選んだ次の具体的例によつてさらに明となろう．（第1図参照）神内上池（香川郡西植田村）は春日川の本流を山間において締切る山池であり集水面積830 haはほとんど山林である．宮池（三豊郡比地大村）は七宝山の東山麓の小渓谷を締切る麓池で集水流域はがいして狭小で附近は桑園，果樹園，水田，山林などよりなる．先代池（丸亀市）は金蔵川の下流冲積地帯に立地する野池で，周辺は一望水田である．これらは何れもそれぞれの環境からみるとき県下の代表的貯水池である．

Ⅱ　環境と集落について

今回の現地踏査貯水池739個を環境別に分類すると山池は45個（7％），麓池は454個（61％），野池は240個（32％）と云う結果を得た．この調査方法ならびに結果の詳細はすでに序報[1]で述べたから省略するが，各町村毎に代表的貯水池を平均数個ずつ選定して調査したもののうちから以上の如き環境別個数を得たことは香川県貯水池の環境別粗密の概況を示すものと云えよう．（序報第3図参照[1]）

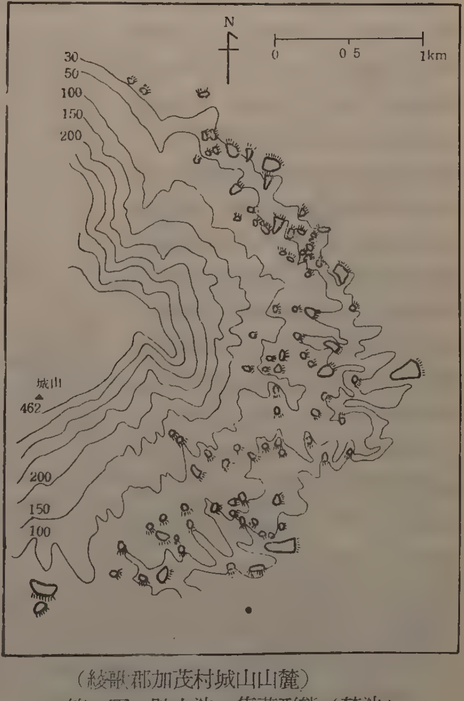
なお5万分の1地形図に記載せる1986個の環境別図上計測結果[2]による山池201個(10％)，麓池1237個（62％），野池548個（28％）となり，今回の現地踏査739個の環境別比率と大差はない．

麓池が大半を占めていることは，香川県の地勢が南部山地帯から北に伸びる無数の小支脈の分岐と，中北部に火山性小山塊が点在せるため麓池築造に好適なる山麓渓谷が発達しているためではなかろうか．またかゝる山麓の開拓に伴つて棚田の発達をみ，それに伴い手近に用水源を求めんとして麓池の発達をうながしたであろうことも推測できよう．これに反して山池が甚だ少いことは香川の山地が標高低く，谷浅く，小河川であるため適地乏しく，さらに多くの貯水池がその沿革でみるように築造年次古く，当時の土木技術としては河川の本流を締切るような位置の築堤は危険視され山池的環境の貯水池を避けた結果にもよるものではなかろうか．近時香川において築造され計画されつゝある貯水池は，ほとんど山池的環境を選んでいることからみても推測しうるところであろう．野池は大体3分の1を占めているが，その規模一般に大きいため調査対象となる率も多かつたことにもよるだろうが，河水利用にほとんど期待し得ない香川の平坦地では開拓の初期はもちろんその后も用水を遠い山地の親池にのみ依存することの不安から子池，孫池として野池の発達をうながした結果ではなかろうか．

これら環境別貯水池の分布を県下全般的にみると山池は主として南部山地寄りに，麓池は平坦地を除いたほとんど全地域に，野池は三豊，仲多度，香川，木田の平坦水田地帯にそれぞれ立地している．

さらに貯水池環境から，その集落性に著しい性格が見られる．たゞし山池は個数も少く南部山地寄りに点在して，とくに集落的傾向は見られないが麓池，野池の集落性はかなり明瞭である．こゝに集落性とは或る地域に同一環境型態の貯水池が群集することである．

以下その代表的集落地域を2，3例示しよう．第2図は綾歌郡加茂村の城山東部山麓に発達せる麓池の集落であるが，標高約30mから100mの間で，山麓約4kmの範囲に満水面積



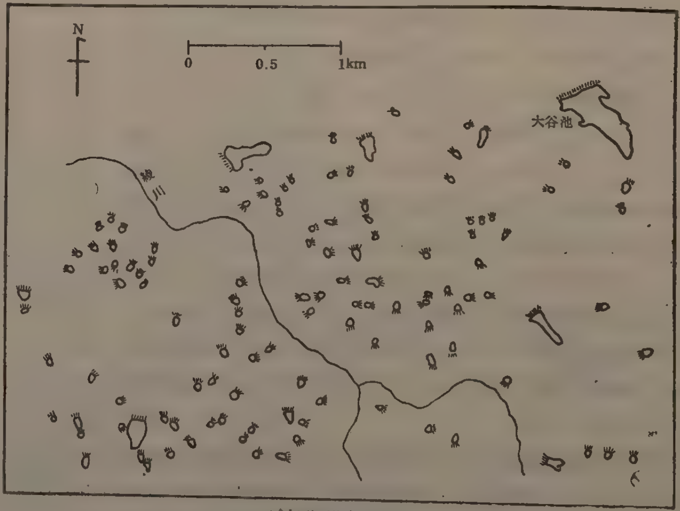
（綾歌郡加茂村城山山麓）
第2図　貯水池の集落形態（麓池）

0.1〜0.3ha程度の小貯水池が約100個見られる．これは2.5万分の1の地形図によつたもので図上に記載し得ないさらに小規模貯水池も存在すべく，地形からみてそれらも麓地であろうことは容易に想像しうるところである．附近山麓の水田は孤立した山塊のため他に求める水源はなく，悉くこれら貯水池に用水を依存し，地形上大規模貯水池の築造が不可能なるためかくの如く小麓池が集団的に発達したものであろう．以上は麓池集落の一例であつて県下には各地に見られ，三豊郡七宝山山麓、同郡眉山山麓，綾歌郡火の山山麓，同郡鞍掛山山麓，高松市屋島山麓などは麓池集落の著しい地域である．

（丸亀一南部一平野部）
第３図　貯水池の集落形態（野池）

第３図は丸亀市南部の平野地に発達せる野池の集落である．野池は麓池に比して満水面積がいして広く，この例では１〜20ha程度のもので，東西約８km，南北約５kmの地域に約70個集落している．ほとんど全ての貯水池の全周辺が堰堤よりなつていることは，これらが悉く野池であることを示すものである．この附近一帯の水田は満濃池を親池とする地帯であるが，かゝる大規模の親池を上流に控えてもなお用水は潤沢ならず，用水の安全弁として野池の発達をうながしたものであろう．もし上流に充分なる用水源を確保するとともに安全迅速なる導水が可能となれば，これら野池はその用水源としての価値を批判される時期が来るかも知れない．野池の集落地域はこの外，財田川，香東川，春日川，新川などの下流沖積地帯に相当発達している．

第４図は満水面積0.1ha程度の小貯水池が発達して集落している綾歌郡山田村の例で，その環境からみて麓池に属するものである．この地域は標高100〜150mで香川ではかなり高位部にあり，附近地帯は複雑に起伏し，小溪流が分岐錯綜しているため，水田は細長くその小谷に沿うて分散的に開田され，貯水池もまたそれに伴つて個々に設けられた結果の特異的集落形態であろう．地勢の複雑性は貯水池の分布からはもちろんその堰堤の方位からみても理解できる．東西約４km，南北約2.5kmの地域に約130個が数えられるが，図上に記入し得ない小貯水池がさらに存在するであろう．



（綾歌郡山田村）
第４図　貯水池の集落形態（麓池）

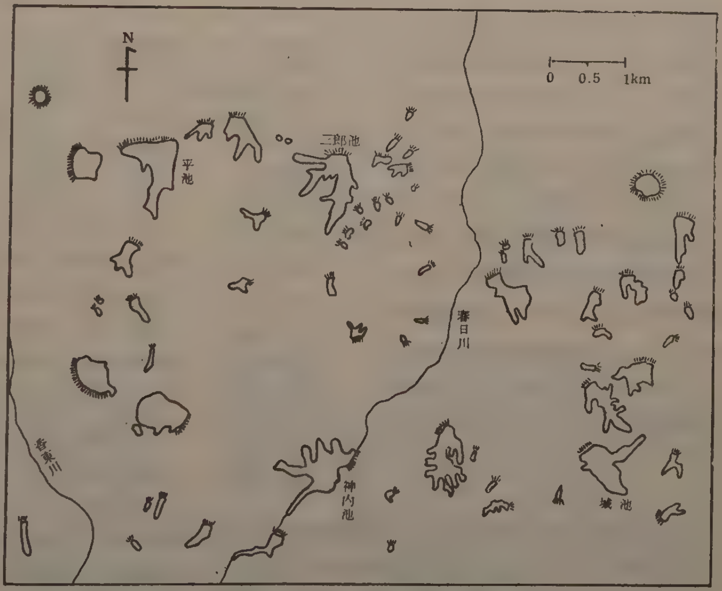
第５図は綾歌郡中央部滝宮，陶村を中心とする地帯で，主として麓池の集落であるが，僅かに野池を包含する．満水面積61.4haの野池的麓池の北条池を中心としてそれを取巻く一団の麓池集落であるが，貯水池分布密度において県下最大を示す地域である．この附近は起伏に富む丘陵性地帯で単純なる水利系統が不可能のため分散的かんがい機構を示し，加えて貯水池適地に恵れていることにもよるであろう．

（綾歌郡一滝宮陶附近）
第5図　貯水池の集落形態（麓池）

第6図は香川郡東植田，西植田の両村を中心とする地域でこの附近は県下でも規模大なる各種の環境貯水池が集団せる地帯である．このうちには神内池，三郎池，平池，松尾池，城池など満水面積 20ha 以上のもの8個を数え大部分は麓池であるが北部寄りに数個の野池が，南部に神内上池の山池がある．

以上数例でみるように香川の貯水池は環境から大きく3種に別けられるが，同一環境の貯水池はがいして集落的傾向を以つて立地することが理解できよう．

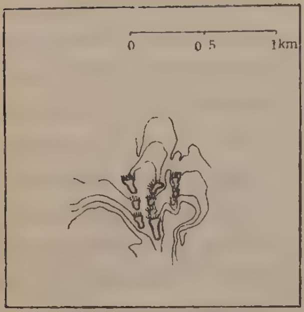
さらに貯水池の立地状態から棚池の形態が各地に見られる．これは小地域の集落形態とも云えよう．ほとんど麓池に見られる形態で俗に下池，中池，上池，奥池などと呼ばれるごとく一つの谷に階段状に数個の貯水池があたかも棚田のように連続している場合である．これら貯水池が，果して如何なる順序に築造されたものか，また貯水，用水上いかなる方法，慣行が行われているか，あるいはまた単一貯水池に比してどんな利害得失があるかなど興味ある問題を有する形態であろう．（第7図）



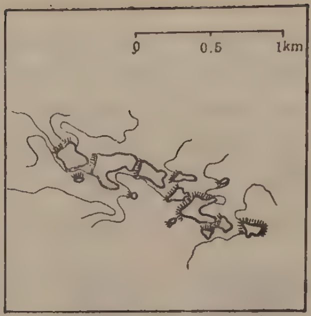
（高松南部，仏生山町，西植田村，東植田村附近）
第6図　貯水池の集落形態（山池，麓池，野池）

Ⅲ　標高について

香川の山地帯は標高がいして低く南部阿讃山脈の最高でも1043mである．また中北部の山地も火山性小山塊で中腹以上は傾斜急峻で貯水池立地に適せず，したがつて全般的にみて香川の貯水池はがいして低位に立地している．調査貯水池 711個を標高別に分類すると第1表のように，20～40mの間に229個（32%）で最も多く，約3分の1を占めている．次に40～60mの178個（25%），つづいて20m以下の93個（13%），60～80mの 81 個(12%)の順となる．すなわち標高60m以下は 70%100m 以下は90%で香川の貯水池の大部分は100m以下に立地しているわけである．これは5万分の1地形図上で調査(2)した1986個の標高別に見られた100m以下のもの1741個で88%とほとんど同じ比率である．

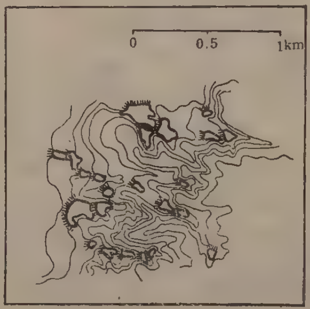


綾歌郡陶村―鍛戸池上流



綾歌郡昭和,陶村―高司上,下池附近

三豊郡勝間村―大池,岳本池附近



高松市古高松―久米池上流

第7図　棚池の立地形態

もちろん香川の貯水池17788個の標高については詳にし得ないが，以上2つの調査結果からみて全般的傾向を推測し得るであろう．100m以上に立地せるものは67個（9％）でその大部分は100～150mの間にあり，200m以上のもの僅かに14個である．調査貯水池の最高は280mの綾歌郡造田村の池の谷池である．

次に環境別に標高をみると山池は大部分100m附近に立地し，がいして高位に在り，これに反して野池は20m前后に最も多く一般に低位に，麓池は全般的に見られるが，主として20～80mの間の中位にそれぞれ立地している傾向が見られる．

標高は気象とくに気温，降水量などとの関係において貯水池と密接であり，気温は水温および蒸発と，降水は貯水量，洪水量など，相関する．しかし以上の如く香川の貯水池は全般的にみて標高がいして低く，加えて温暖地帯であるため水温の点ではあまり問題はないかと考えられるが，降水量に起因する集水量，洪水量についてはかなり重要なる要素となろう．県下の降水量分布を見ても標高，地域によつて相当のひらきがあることはその重要性を示していると云えよう．最近とり上げられつゝある吉野川総合開発計画による導水路線の計画が大体標高100m附近を考慮中と聞くが，かゝる計画実施の場合にはこの導水路標高を境としてその上下の貯水池はかなり異つた計画対象となるであろう．

第1表　貯水池の標高

標高	個数	%	山池	麓池	野池
20m以下	93	13	0	37	56
20～ 40	229	32	1	118	110
40～ 60	178	25	4	128	46
60～ 80	81	12	6	61	14
80～100	63	9	8	52	3
100～150	30	4	12	18	0
150～200	23	3	9	14	0
200m以上	14	2	3	11	0
計	711	100	43	439	229

Ⅳ　地質について

香川県の地質構成は南部山地のうち阿讃県境地帯は中生代和泉砂岩であり，それから以北の山地はほとんど后期中生代花崗岩である．さらに南部山地の北麓一帯には広く洪積層が，また河川の中下流から海岸に亘る平坦地には沖積層が分布している．中北部山塊の大部分は山麓に花崗岩を中腹以上に新生代安山岩が見られる．屋島，白峰山などはその典型的なものである．

現地調査の結果貯水池環境の地質を明にしえたものは686個でその内容は第2表に示す通りである．最も多いのは花崗岩で313個（48％）に達し，つづいて洪積層の187個（27％），沖積層の144個（21％）で，少いのは和泉砂岩の29個（4％），安山岩の13個（2％）となる．

この花崗岩地帯に多いことは花崗岩の分布が，標高中位の山麓に広く分布していることによるものであろう．洪積層，沖積層地帯に貯水池が多いことは沿革の古い貯水池の多い香川の一つの特異性ではなかろうか．近時の貯水

第2表　貯水池位置の地質

地質	個数	%	山池	麓池	野池
砂岩	29	4	10	20	1
花崗岩	313	46	24	290	16
安山岩	13	2	3	9	—
洪積層	187	27	7	90	81
沖積層	144	21	—	17	118
合計	686	100	44	426	216

池は漸次大規模となり，堤高も高く，その基礎の地質はとくに重視され，安定，漏水などの点から良好なる岩質地帯を選ぶようになりつゝある．しかるに香川の貯水池の約半数までが，がいして不安定なる洪積層，沖積層帯に立地していることは沿革の古いことと，小規模であることなどに原因していると考えられるが，その池相の上にも何らかの特性を見出しうるかも知れない．和泉砂岩，安山岩地帯に僅少なのはこれらの地質がかなり高位に分布することと，前記標高100m以上に立地せる貯水池僅かに9％であることと併せ考えるとき理解しうるところである．

次に環境別に地質を見ると山池は44個のうち37個までが花崗岩，砂岩，安山岩などの硬岩地帯にあり，これに反して野池は216個中199個までが沖積層，洪積層地に分布し，標高と同様地質からみても山池と野池は明瞭に区別することができる．麓池は花崗岩地帯に最も多く次いで沖積層で，他の地質地帯に僅少であるのは麓池築造適地である山麓一帯がほとんどこの両地質地帯であることから明らな結果であろう．

V　方位について

こゝに貯水池の方位とはその環境の地形から何れの方向に展開せる渓谷であるか，あるいは何れの方向に傾斜せる窪地であるか，その方向方位を云う．云いかえると貯水池の堰堤上に立つて下流側を眺めた方向で，外法面の向う方位と一致する場合が多い．山の北麓にある貯水池の方位は一般に北方位で南麓にあるものは南方位のものが多い．この貯水池の方位は日照，風などと関連して水温，波浪，池岸侵蝕などの相異が考えられ，県下貯水池の方位の概要を調査してみた．

まず方位としては東西南北および各方位の中間をとつて8方位とした．また貯水池堰堤は一般には単一直線型であるが，香川の貯水池には2方位，3方位，全周堰堤もあり，直線ばかりでなく曲線堰堤も多い．したがつて2方位以上のときは主堰堤と見なしうる堰堤の方位をとることとした．

調査個数699個の内容は第3表に示す．その結果最多方位は北方位の184個（26%）で，これは香川の地勢の南高北低から予想しうるところであり，つづいて112個（16%）が西方位である．がいして少い方位は東北，東南，西南である．全周堰堤の貯水池は89個（13%）に及ぶがその方位の判定は困難である．

第3表　貯水池（堰堤）の方位

方位	個数	%	山池	麓池	野池
東	68	10	3	55	10
西	112	16	10	79	23
南	70	10	3	59	8
北	184	26	16	122	46
東北	42	6	2	32	8
東南	26	4	1	18	7
西北	77	11	5	46	26
西南	31	4	3	18	10
全周	89	13	0	1	88
計	699	100	43	431	225
単方位	488	79	—	—	—
2方位	103	17	2	55	46
3方位	19	3	0	3	16
複2方位	11	1	1	9	1
計	621	100	—	—	—

こゝに北方位のものを中心として北東，北西を加えると303個（43%）で，これらの貯水池は南寄りの強風の場合危険であり，同様に東方位を中心とするものは136個（20%）は西寄りの強風のときは危険である．また西方位を中心とするもの220個（31%）は東寄りの，南方位を中心とするもの127個（18%）は北寄りの強風のときそれぞれ堰堤の危険性は大きい．香川県における風向風速は多度津測候所の記録によると春から夏にかけて西風，秋は南東風，冬は北西風が卓越しその風速は大体2～5 m/sec程度であるから常時は貯水池方位と風との関係はあまり重大視する必要はないようである．但し9月前后の風速極数32.6m/sec（1934—9—21）が示すように台風期には30m/secを越える強風が見られその風向は一般に南，西寄りの風が多いことから前記北方位および東方位の約63%の貯水池ならびに全周堰堤の89個はその安定上とくに風との関係を考慮する必要があろう．しかし香川の貯水池はほとんどかんがい用貯水池であるためかゝる台風期にかなりの水位低下

を示しているとすればその危険性は相当緩和されるであろう．

なお以上の調査から堰堤方位の単複を見ると単方位のものはさすがに多く488個（69%）であるが，２方位のもの103個（15%）３方位のもの19個（３%），４方位すなわち全周堰堤のものは89個（13%）に達する．また２つ以上の堰堤に分離されているもの11個（２%）でこれらは丘陵地の按部に立地している峠池に多い．

方位を環境別にみると全周堰堤の89個は悉く野池である．２方位堰堤は麓池および野池でほとんど占められており，したがつて山池の大部分は単方位の堰堤である．堰堤分離の峠池はほとんど麓池である．以上の如く全周堰堤を初め，複方位曲線型式の貯水池が多いことは香川の貯水池の著しい特性であり，しかもそれが貯水池環境によつて明瞭に区別しうることは池相検討上重要な要素となるであろう．

VI 摘　　要

1．貯水池相はその貯水池を囲繞する環境によつて育成され，環境の変化に伴つて絶えず生成変移しているものと理解する．

2．環境は自然および人為によつて構成され，それは絶えず急激にあるいは緩慢に変移する．

3．貯水池環境を水系，地勢，土地利用から大きく類別すると，山池，麓池，野池の３態になる．

4．香川県のかんがい用貯水池の環境別個数の比率は大体山池10%，麓池60%，野池30%である．

5．各環境の貯水池は集落立地する傾向が見られる．また一つの谷に連続して棚池の形態をとるものもある．

6．香川県の貯水池標高は60m以下のもの約70%，100m以下のもの約90%で最も多いのは20〜40m附近である．

7．環境別に標高をみると野池は20m前后に，山池は100m附近にそれぞれ多く，麓池は全般的に見られるが，20〜80mの中位に立地するものが多い．

8．貯水池立地の地質からみると花崗岩地帯が46%で最も多く，つづいて洪積層27%，沖積層21%で，和泉砂岩，安山岩地帯には少い．

9．環境別に地質をみると山池は大部分が花崗岩，安山岩，和泉砂岩などの硬岩地帯に立地し，野池はほとんど全てが沖積層地帯にあり，麓池は各地帯に亘るがかいして花崗岩地帯に多い．

10．貯水池（堰堤）の方位では北方位を中心とするものが43%に達し，これらの貯水池は波浪と関連して台風期の南寄りの強風の際危険であろう．また全周堰堤の方位不明の貯水池においても同様である．

11．貯水池堰堤が複方位のもの多く２方位のもの15%，３方位のもの３%，４方位すなわち全周堰堤のもの13%に及ぶ．

12．環境別に方位をみると全周堰堤は悉く野池であり，３方位の大部分もまた野池である．２方位は麓池および野池で，したがつて山池の大部分は単方位である．

13．全周堰堤および複方位曲線堰堤の貯水池が多いことは香川県の著しい特徴であろう．

参　考　文　献

(1) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究（序報），香川大学農学部学術報告，8 (1)，25 (1956)．

(2) 前川忠夫：香川県の溜池について，香川農大学術報告，6(3)，(1955)．

Résumé

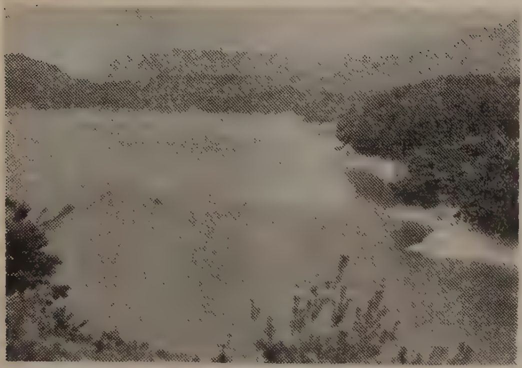
1. The character of the reservoirs is controlled by their environment.

2. The found as the result of our investigation, we that there are types of reservoirs-mountain reservoirs, hill-side reservoirs and field reservoirs formed by there particular environment in Kagawa Prefecture, as the result of our investigation.

3. Reservoirs are found grouping or making stairs owing to the environment.

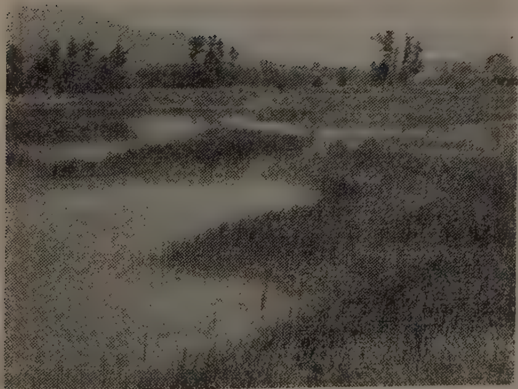
4. The altitude, geology and bearing of the reservoiss are too important factors of their environment.

5. We examined about eight hundsed reservoirs in Kagawa Prefecture to study about factors composing the environment.



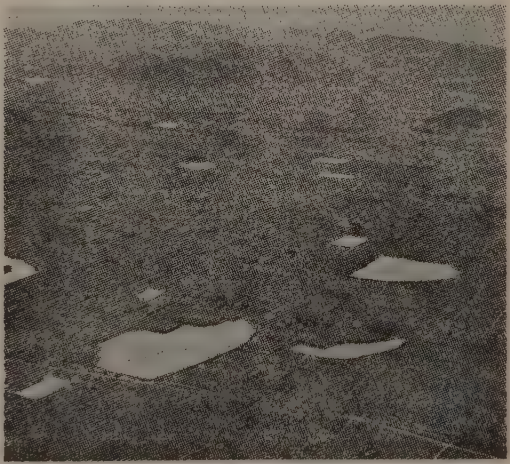
写真—1　山池（仲多度郡神野村—満濃池）

写真—2　麓池（三豊郡上高瀬村—羽根池）

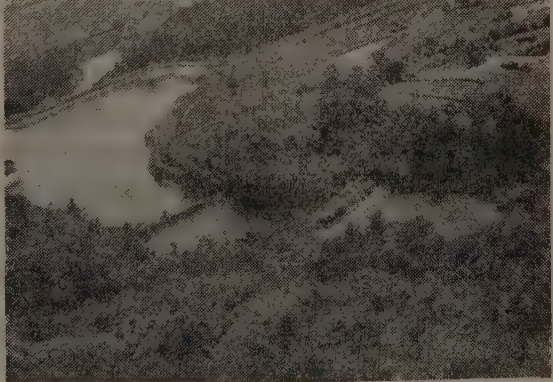


写真—3　野池（綾歌郡陶村—原池）

写真—4　麓池の集落（綾歌郡滝宮村大羽茂池附近）



写真—5　野池の集落（高松市南部郊外—岩波原図）



写真—6　棚池の一例
（綾歌郡滝宮村新池附近—6個中4個見える）

かんがい用貯水池相に関する研究

——水位，水温および透明度について——

前　川　忠　夫

Studies on the phase of irrigational reservoirs.

– On the change of water level, water temperature and transparency in reservoirs –

Tadao MAEKAWA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received August 12, 1956)

I　緒　　言

貯水池築造の目的がその貯水の利用にあることは云うまでもなく，したがつてその水量と共にその水質もまた重視されねばならない．上水道用貯水池の水質が飲料水としてとくに問題視されることは当然であるが，かんがい用貯水池の水質も作物との関連において軽視されてはならない．しかるにかんがい用貯水池の水質に着目しこれを研究対象としてとり上げたのはごく最近のことである．もつとも我国には火山多く，それに伴い温泉，鉱泉，鉱山などが各地に見られ，これらをその流域にもつ河水は，大なり小なりそのえいきようを受け，それをかんがいする農作物に有害ないわゆる「毒水」として古来その処理方法に苦心して来た．しかしこれらは河水の場合であつて，かゝる毒水流域には貯水池の築造が避けられたであろうことは容易に想像しうるところである．こゝに云う水質とはかゝる特定地域のものではなく，貯水池全般に見られる水温，水色，透明度，濁度，ＰＨ，その他物理，化学，生物学的な諸性質を指すものである．

かんがい用貯水池の水質のうちまず問題にされたのは水温であつて，1937年頃から鳥居菅生[1,2]が全国各地の代表的かんがい用貯水池の水温を調査され，農業土木研究誌上に前後数回に亘つてその研究を発表されている．また東北，北海道地方の著しい冷害を契機として，1940年頃より農林省を中心とする水温調査，溝口博士[3]の研究などが発表された．その后農業土木技術の立場から貯水池水温に関する調査研究は相当行われ，温水取水装置の考案改良から，さらに進んで温水貯水池の築造にまで及ぶに至つている．水温は直接その温度がかんがい作物の生育にえいきようすることは云うまでもないが，水温の高低は肥効物質の分解，徴生物の繁殖など化学的，生物学的な因子に関連して，間接的にも重要なる役割を果しているものと考えられる．温暖なる地方，加えて香川県の如き小規模貯水池にあつては，水温はむしろ後者の間接的な点において重視さるべきではなかろうか．香川県の貯水池水温については，最近新設された二，三の貯水池において僅に観測されている以外は皆無である．

かんがい用貯水池の水温以外の水質についての調査研究は香川県はもちろん全国的にも現在までのところほとんど見られない．諏訪湖を水源としてかんがいする西天竜数千町歩の水田は，その肥効質に富んだ湖水の恩恵に浴していると云われているが，貯水池の水質の適否はかんがい作物と密接な関係にあることは云うまでもない．

湖沼の水温，水質については早くより着目し，とくに近時湖沼等の研究対象は広義の水質に集中している観がある．[5,6] この点においても貯水池は湖沼と姉妹関係にありながら湖沼学者から忘れられているようである．しかし湖沼学の研究成果は同じ陸水形態の貯水池研究には好個の資料となることは云うまでもない．

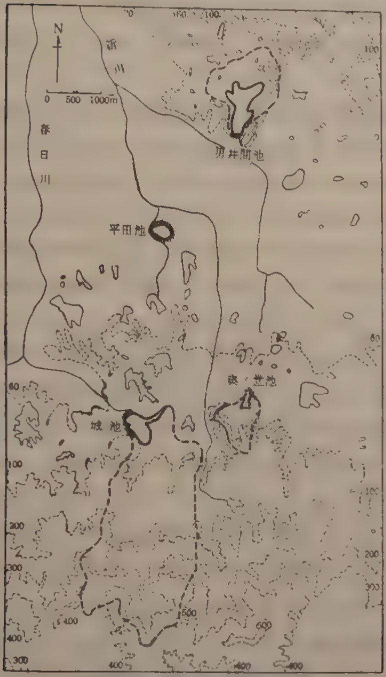
今回の調査は香川県の代表的貯水池を環境別にとり上げ，水質のうちとくに水温および透明度について水位変化との関連においてその概要を検討したものである．

II　調査貯水池および調査方法

序報[7]で述べた方針により調査貯水池として環境別に次の４個の貯水池を選定した．（第１図参照）

山池——城池（木田郡山田町東植田）
麓池——奥の堂池（仝郡三木町田中）
〃〃——男井間池（仝郡仝町池戸）

野池——平田池（全郡全町田中）



第1図 調査貯水池

調査貯水池の選定に当つては広く県下に求むべきであつたが，直接観測の便宜と，なるべく同一水系のものが望しいと考え物色したため近接する結果となつた．なお麓池には各種のTypeが見られるのでとくに2個を選んだ．これら貯水池の概要は次の通りである．

(a) 城池——春日川上流西北方に展開する渓谷を締切る山池であつて満水面積30ha，最大水深11m，集水面積650haである．堤高は18m，堤長約250mの土堰堤で約300年前の築造と伝えられている．標高は約80m，流域最高506m，地質は池敷，流域共に花崗岩である．貯水能力は良好で，取水は大体6月22日～9月30日の間で，直接かんがい面積は約100haである．

(b) 奥の堂池——新川の上流北方に開く小渓流を締切る麓池で満水面積8ha，最大水深7.6m，集水流域80haである．堤高11m，堤長145mの土堰堤で約300年前の築造と云われる．標高は約60m，流域最高272m，地質は池敷，流域共に花崗岩である．貯水能力は直接流域のみで不十分で豊水期間接流域のみで不十分で豊水期間接流域からの導水によつて補つている．取水は例年6月24日～9月15日頃の間でかんがい面積は約45haである．どちらかと云えば山池に近似の麓池である．

(c) 男井間池——新川の中流右岸南方に開く小渓流を締切る麓池で，満水面積48haに及ぶ県下では大貯水池の一つであるが，最大水深は僅かに5mである．堤高7m，堤長290mの土堰堤で大宝年間すなわち約1200年前に築造されたと伝えられ，その沿革から見ても香川の古池の一つである．標高は約20m，流域最高103m，地質は大部分洪積層である．直接流域は僅かに142haで加えて流域内に大小18個の貯水池とその関係水田があるため貯水能力甚だ乏しく，したがつて主として間接流域に依存し，さらに新川よりのpump upによつて補給されている．取水は大体6月20日～9月20日の間で，かんがい面積は約300haである．環境的には野池に近い麓池である．

(d) 平田池—— 新川の中流水田地帯に立地する野池で満水面積13ha，最大水深3mである．堰堤は全周に亘り，堤高は北部に高く南部に低く，最高部で5m最低部で1.5m，堤長は1120mに及ぶ土堰堤である．築造は約600年前と云われ昭和10年嵩上工事を行つている．標高は約15m，地質は沖積層で水面形状は円形に近く県下でも代表的野池である．集水面積は序報[7]で述べたように野池の一般的性格としてその面積を明かにすることは困難であるが，上流からの余水と親池よりの補給によつて貯水能力はがいして良好，取水は例年6月23日～9月20日頃の間で，大体毎年空虚となり，かんがい面積は約60haである．以上4個の貯水池の外，満濃池，内場池その他数個の貯水池について特定時の観測を行つた．

調査方法は4個の貯水池について1955年6月より満1ヶ年間に亘り，気温，降水量，水位変化，表層水温，および流入，取水，余水吐よりの溢流状況を毎日1回（午前9時）観測した．この調査は附近の篤志家に委託して実施した．さらにその間毎月1回，水温の鉛直分布および透明度について直接観測を行つた．水温鉛直分布の観測にはK.S.F.顛倒温度計を，透明度観測にはSecchi's discをそれぞれ使用した．また適時Ekman Berge採泥器を用いて池底の堆積土砂を採取した．

Ⅲ 水位変化について

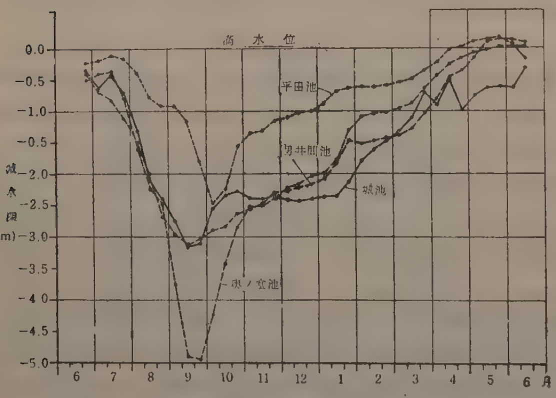
貯水池の水位は流入と流出の加減的関係によつて昇降する．一般に香川県下のかんがい用貯水池は6月中旬かんがい開始期までに満水しており以后取水に伴つて漸次減水，9月中旬かんがい終末期頃最低または空虚となり，再び秋冬期間の流入水によつて翌年6月頃までに水位の回復を示すのが通例である．もし秋冬期間の流入水が少くかんがい開始期までに満水しないような場合には，かんがい期間中に豊富なる流入がない限りその年の用水は不足す

ると云われている．したがつて秋冬期間の流入の多少云いかえると降水量の多少には大きい関心がもたれるゆえんである．県下約800個の貯水池について調査した結果によると，満水の確実性は一般的に山池は良好でまたかんがい期の終りに空虚となるものもほとんどなく，これに反して野池は満水の確実性に乏しくまたほとんど全てが空虚となる．麓池は満水と空虚は共に両者の中間的である．

この貯水池の流入，流出の機構は多くの因子に分析検討を要するが，今回の調査ではその資料乏しく，ただ降水量との関連において年間の水位変化を，環境別に選んだ数個の貯水についてその概要を検討する．（第1表，第2図参照）

第1表　水位および降水量

貯水池	かんがい期間(6.20〜9.10)		非かんがい期間(9.11〜6.19)		全年		水位		降水		余水吐	取水
	(m)水位低下	(mm)降水量	(m)水位低下	(mm)降水量	(m)水位低下	(mm)降水量	最高（月日）	最低（月日）	日最大（月日）	日降水20mm以上日数	溢流日数	日数
城池(山池)	1.39	271.7	1.72	858.6	1.64	1130.3	満水(6.21〜22)	3.26(9.18)	48.5(5.15)	12	2	103
奥の堂池(麓池)	1.52	252.2	1.63	909.9	1.61	1162.1	満水(5.24〜6.17)	5.23(9.15)	54.7(5.15)	12	41	61
男井間池（〃）	1.52	203.8	1.55	856.6	1.54	1060.4	満水(5.11〜6.10)	3.18(9.11〜14)	45.9(5.15)	14	31	58
平田池(野池)	0.46	178.6	0.76	856.0	0.69	1034.6	満水(4.19〜6.10)	空虚(10.2〜7)	48.9(5.15)	13	67	55

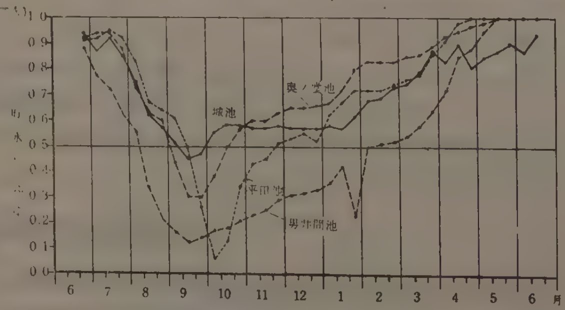


第2図　水位変化

観測した1955年はやゝ用水不足の年であつたためかんがい開始期の6月下旬には満水に近いが僅かに満水位より低下せる水位から取水を開始した．以后いずれも急激に水位降下し9月中下旬に最低水位に達し，その后は漸次水位上昇1956年4月頃から満水あるいはそれ以上の水位に達し余水吐よりの溢流を示した．この6月の水位からみて1956年の用水は潤沢であろうことが前記理由から予想されるわけである．

以上は4個の貯水池の年月水位変化の共通的傾向であるが，これを環境別に個々の貯水池についてみるとかなりの相異が見られる．なおこゝに云う水位とは満水位よりの低下水位であつて各貯水池が最大水深，水面積を異にする場合には正しい比較は不可能のため，この実測水位低下から水深を求め，その水深と最大水深との比，および環境別貯水係数(8)を用いて各水深の場合の総貯水量との比を，それぞれ求めて対比した．（第3図参照）これら図表を通じて次のような環境別水位変化の性格が見られる．

満水位持続期は山池（城池），麓池（奥の堂池男井間池），野池（平田池）についてみると，時期は4月〜6月のかんがい開始前それぞれ2日，24日，30日，52日間で，野池ほど満水期間が長期に亘つている．もちろんこれは1955年6月21日から1956年6月20日までの満1ケ年の観測期間の記録である．



第3図　貯水量変化

最低水位は低下水深でそれぞれ，3.26m，5.23m，3.18m，3.00m（空虚）で，その現れた時期は，前3者は9月中旬，野池（平田池）のみは10月上旬となつている．これを前記水深比率でみると0.7，0.47，

0.29，0.0さらに貯水量比率では0.45，0.28，0.1，0.0となる．すなわちかんがい期の終末期において山池ではなお70%の水深，45%の貯水量を残存しているのに対して，麓池は1～3割程度の残水，野池に至つては全く空虚となることを示すものである．なお参考までに貯水池よりの取水日数はかんがい期間でそれぞれ77，57，57，40日で，山池ほど取水日数が多いことがわかる．これは貯水池の規模とそのかんがい水田面積と関係するものと考えられ規模大なる山池（城池）に多くなる傾向の現れではなかろうか．また非かんがい期間中にもそれぞれ26，4，1，15回の取水を行つているがこれはかんがい期のずれによるものが主として現れているようである．

なお水位変化と密接な関係にある降水量について見ると，各貯水池で観測した降水量は互に近接せるため大差なく，年雨量で，それぞれ，1130.3mm，1162.1mm，1060.4mm，1034.6mmで，僅かに山池に近い貯水池ほど降水量が多い傾向が見られる．これをかんがい期間中でみると，271.7mm，252.2mm，203.8mm，178.6mmでこの山池に多い傾向はかなり著しくなつている．降雨の日最大はいずれも5月15日に起り，48.5mm，54.7mm，45.9mm，48.9mm，で例年に比してがいして小さくまた降水日数（日降水量5mm以上）はそれぞれ20，18，16，15日で，山池地帯ほど降雨日数もがいして多い傾向がうかがわれる．かくの如く降水状況からみて山池地帯は一般に降水量，回数も多く，加えてがいして広い集水面積を有するため，満水の確実性に富むと考えられ，これに反して麓池から野池の地帯では降水量少く集水能率悪く一般には満水の確実性に乏しいと云うべきであろう．ただしこれは一般論であつて降水量がある限度以上の場合にはいずれも満水する．1955年～56年の高松気象台の年降水量は1020.3mmであつて，平年の1178.4mmに比して158.1mm少ない年であつた．

以上4個の実測貯水池の年間水位変化からみて，環境別にその性格を速断することは許されないが，一応香川県の貯水池は普通の降水年には大体かんがい期の初期にはいずれも満水するが，かんがい期の終末期に至ると，山池ではなお相当の貯水量を残し，麓池ではさらに減水するもある程度の残水を示し，野池はほとんど全貯水を消費して空虚となる傾向が推測されよう．なおこのかんがい期終末の残水は翌春までの満水に大きくえいきようし，もし山池，麓池などが空虚となつて翌年への繰越水が皆無の場合翌春までの満水おぼつかなく用水不足の危険性があると云われている．したがつてこの残水は旱魃年の重要なる保留水と云うべきであろう．

Ⅳ　水温について

貯水池および湖沼の水温に関しては前述のごとくすでに多くの調査がなされ，理論的研究にも幾多の業績が発表されている．[1–3,5,6] しかし香川県の貯水池の水温について従来からほとんど問題視されず，最近完成した内場，長柄の両貯水池において1954以来やゝ纒つた調査が実施されている程度に過ぎない．

貯水池の水温は複雑なる因子によつて支配されるものであることはこれまでの研究からみても，また著者が数年間東北地方において調査した経験からみても十分理解しうるところである[4]．とくに気象因子に大きく支配され季節的にまた時刻的に絶えず変化を示すもので，深井戸の地下水温などとは異り，地表水の水温値はその観測の時期時刻，位置，およびその時の天候などの気象要素を併記しなければほとんど無価値のものと云うべきであろう．しかし今回の調査は全く未知のまゝに置かれている香川県下の貯水池水温の概況を知るために数個の貯水池を環境別に選び表層水温の年変化と水温鉛直分布を月別に調査した概要的なものである．

まず表層水温については毎日1回（午前9時）1ヶ年間に亘つて前記4個の貯水池について観測した．その集計平均を第2表に示す．その結果平均表層水温は環境別にはほとんど差異は認められず，いずれもかんがい期で29°C前

第2表　気　温　及　び　水　温

貯水池	かんがい期間（6.20～9.10）		非かんがい期間（9.11～6.19）		全年		水温		天候（かんがい期日数）		
	（C°）気温	（C°）水温	（C°）気温	（C°）水温	（C°）気温	（C°）水温	最高（月日）	最低（月日）	晴	曇	雨（5mm以上）
城池（山池）	26.8	29.3	11.9	14.4	15.2	17.7	34.5（8.2～3）	3.5（2.20）	46	37	20
奥の堂池（麓池）	28.5	28.9	12.4	14.4	15.9	17.6	32.0（8.1～3）	4.0（1.11）	50	35	18
男井間池（〃）	25.3	29.5	11.2	14.0	14.4	17.4	33.0（8.3）	1.9（1.12）	48	39	16
平田池（野池）	26.9	29.5	12.8	14.3	15.9	17.7	32.3（8.2～3）	3.0（1.29）	56	32	15

后を，非かんがい期で14°C程度を，また全年平均で17.5°C前后を示した．水温の最高はいずれも８月上旬に現れ32～34°C，最低は１月中旬から２月下旬に亘り現れ２～４°C，年較差は約30°Cである．なおこれら特定貯水池以外において８月中に観測した満濃池，奈良須池その他数個の貯水池からも表層水温として30～32°Cを得た．また内場，長柄の両貯水池において１，４，８，10の各月表層水温の観測結果によると，両貯水池はほとんど一致し，それぞれ6°C，16°C，29°C，16°Cを示しこの値は前記４個の特定貯水池の同期の水温と比較しても大差なく８月において僅に１°C程度低温であるにすぎない．なお参考までに湖沼の水温[5]をみると夏期表層水温では熱帯で30～35°C，南欧で30°C，アルプス山麓の大湖で25°C，北欧で20～25°C，U.S.A．の平地湖で30°C，カナダで20°C程度と云われ，またわが国では西南日本で30°C，中部山地および東北，北海道地方で20～25°Cと云われる．貯水池においても湖沼と大体同じ傾向が見られ筆者らが東北地方で観測した貯水池水温に比すると香川県の貯水池水温はかんがい期において約10°C高温であり，如何に西南日本が稲作上恵れているかを知ることができる．気温と水温との関係をみると，かんがい期，非かんがい期，全年を通じていずれも水温は気温より平均２～３°C高温である．これは東北日本などにみられる夏季と冬季における気温と水温との高低逆転の型式と異るものである．

以上総合して香川県の貯水池の表層水温は一般にその環境規模によつては大差なく，ほゞ気温より２～３°C高温を保持しつゝ，かんがい期を通じて平均29°C程度を示すものと考えて大差なかろう．

次に水温鉛直分布については前記特定４個の貯水池において各月１回１ヶ年に亘つて観測した．その結果は第３表，第４図に示す．まず全般的に見ると，１月下旬から２月上旬にかけて表層水温が４°C以下を示す数日を数える以外はことごとく４°C以上で，水温は上層高温に分布している．したがつて湖沼学上の分類に照らすと厳密な意味では温湖型式に属するが，田中博士の指摘された琵琶湖，鷹の湖を結ぶ線以南は熱帯湖とする分類から見ても必ずしも例外とはならないであろう[5]．

貯水池は湖沼と異り水位の変化著しく，加えて今回の調査貯水池は水深浅く最大の城池でも11m，平田池などは３mであつたため表水，変水，深水の各水層の区別を明確にし難い点もあつたが，全般的にみてかなりその性格を理解しうる資料を得た．

表層水温の年較差はいずれも28°C前後であるのに対して低層水温の年較差はそれぞれ９°C，18°C，21°C，24°Cを示している．これは主として各貯水池の水深の差異によるもので表水層の熱伝達が，水深の浅い貯水池ほど低水層

第3表　水　温　傾　度　(C°)

城　池（山　池）

水深(m) ＼ 月別	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
0 ～ 1	0.1	1.0	1.1	0	0.2	4.0	0.3	0.1	1.7	−0.3	−0.2	2.0
1 ～ 2	1.9	0.6	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.1
2 ～ 3	1.1	2.4	1.0	0.2	0	0.2	0.1	0	0.1	0.3	2.0	3.7
3 ～ 4	3.5	3.6	2.3	0.4	0.2	0.2	0.1	0	0	2.4	3.2	2.1
4 ～ 5	3.6	3:2	4.7	0.8	0.2	0.2	0	−0.1	0	1.4	2.4	2.2
5 ～ 6	4.6	1.8	2.4	2.5	0.4	0.3	0	0	0.1	0.5	0.6	1.0
6 ～ 7	1.6	4.4	2.7	5.4	1.2	0	0	0	0	0.2	0.6	2.0
7 ～ 8	1.6	2.0	1.1	1.3	0.8	0.1	0	−0.1	0	0.1	0.6	0.8
8 ～ 9	1.0	0.4	0.8	0.2	0.3	0	0	0	0	0.1	0.2	0.1
9 ～ 10	0.2	0.6	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0.2
10 ～ 11	—	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
0 ～ 底	19.2	20.6	17.1	11.0	3.5	5.2	0.7	0	2.0	4.8	10.0	14.2
表層水温	30.4	32.8	29.2	22.8	17.4	17.0	8.3	4.8	7.4	12.2	18.4	23.1
底水温	11.4	12.2	12.1	11.8	13.9	11.8	7.6	4.8	5.4	7.4	8.4	8.9
気温	29.5	30.6	31.2	25.8	17.2	17.1	13.3	5.4	10.8	10.4	16.2	22.5
水位	−0.63	−0.83	−2.53	−2.29	−2.36	−2.40	−2.43	−2.00	−1.42	−1.04	−0.96	−0.72
水深	10.37	10.27	8.47	8.71	8.64	8.60	8.57	9.00	9.58	9.96	10.04	10.28

奥 の 堂 池（麓 池）

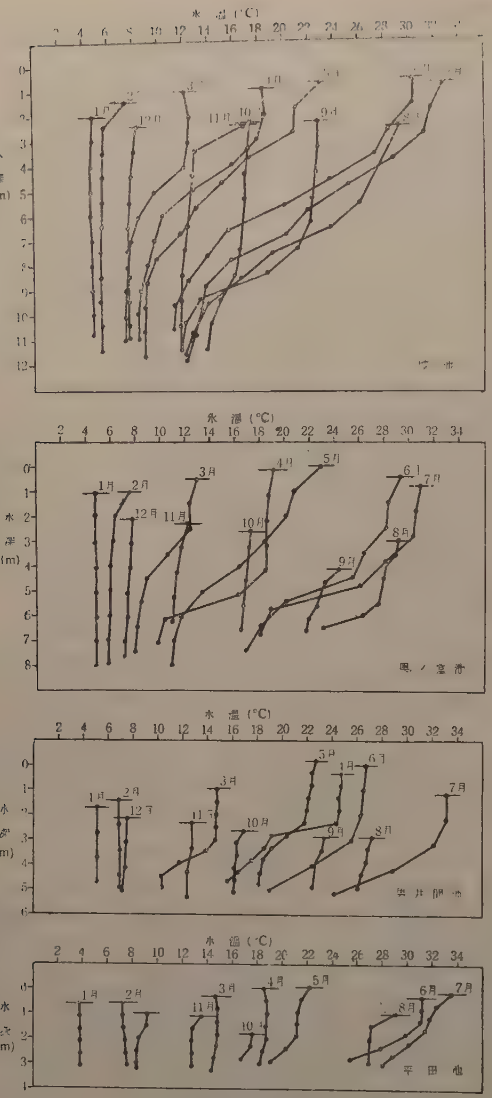
月別 / 水深(m)	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
0 ～ 1	1.0	0.4	1.0	1.4	0.2	0.6	0.1	0	1.2	0.6	0.4	2.2
1 ～ 2	0.2	0.4	0.4	1.0	0.2	0.4	0.1	0	0.2	0	0.2	0.6
2 ～ 3	1.7	2.0	1.3	—	0.2	0.3	0.2	−0.1	0.2	1.7	0	1.7
3 ～ 4	0.9	2.0	—	—	0.2	—	0	0	0	1.7	0	2.0
4 ～ 5	5.5	7.0	—	—	—	—	0.2	0	0	0.5	2.2	3.0
5 ～ 6	1.9	1.2	—	—	—	—	—	0	0.1	0.3	6.2	1.7
6 ～ 7	1.2	—	—	—	—	—	—	0	0	0.2	0.4	0.6
7 ～ 8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2
0 ～ 底	12.4	13.0	2.7	2.4	0.8	1.3	0.6	−0.1	1.7	5.0	9 4	12.0
表層水温	29.4	31.0	29.2	24.4	17.4	12.4	7.8	4.8	7.6	13.0	19.2	23.0
底水温	17.0	18.0	26.5	22.0	16.6	11.1	7.2	4.9	5.9	8.0	9.8	11.0
気温	31.5	29.5	31.6	27.2	16.4	14.0	12.5	4.3		13.0	15.5	22.0
水位	−0.42	−0.75	−2.95	−4.16	−2.55	−2.24	−2.13	−1.15	−0.99	−0.49	−0.14	+0.02
水深	7.18	6.85	4.66	3.45	5.05	5.36	5.47	6.45	6.61	7.11	7.46	7.62

男 井 間 池（麓 池）

月別 / 水深(m)	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
0 ～ 1	0.2	0	0.5	0.7	0.6	0	0.1	0	0	0.1	0.2	0.4
1 ～ 2	0.2	1.2	0.7	0.2	0.2	0.4	0.1	0	−0.1	0	0.4	0.4
2 ～ 3	0.8	3.0	—	—	—	0	0.1	0	0	2.9	5.6	1.6
3 ～ 4	3.1	4.8	—	—	—	—	—	0	0	1.4	2.2	1.9
4 ～ 5	3.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4
0 ～ 底	7.9	9.0	1.2	0.9	0.8	0.4	0.3	0	−0.1	4.4	8.4	4.7
表層水温	26.8	33.2	27.3	23.4	17.0	12.8	7.6	5.2	6.9	14.8	24.8	22.8
底水温	18.9	24.2	26.1	22.5	16.2	12.4	7.3	5.2	7.0	10.4	16.4	18.1
気温	27.8	31.8	26.1	23.8	15.6	13.0	8.2	5.3	6.8	12.3	21.3	25.0
水位	+0.02	−1.14	−2.85	−2.86	−2.60	−2.30	−2.17	−1.72	−1.43	−0.94	−0.33	+0.20
水深	5.02	3.87	2.15	2.14	2.40	2.70	2.83	3.28	3.57	4.06	4.67	5.20

平 田 池（野 池）

月別 / 水深(m)	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
0 ～ 1	0.1	1.8	2.1	空虚	1.0	0.8	0.7	0	0	−0.1	−0.2	0.9
1 ～ 2	3.2	1.6	0.1		—	0	0.2	0	−0.2	0.1	0.1	0.2
2 ～ 3	2.5	2.4	—		—	—	—	—	—	0.4	0.5	2.1
0 ～ 底	5.8	5.8	2.2	—	1.0	0.8	0.9	0	−0.2	0.4	0.4	3.2
表層水温	31.2	33.6	29.1	—	17.6	13.5	9.2	3.8	7.2	14.7	18.6	22.2
底水温	25.4	27.8	26.9	—	16.6	12.7	8.3	3.8	7.4	14.3	18.2	19.0
気温	31.0	31.9	32.4	—	16.8	13.5	12.9	5.1	6.5	12.0	17.5	22.0
水位	−0.30	−0.15	−0.97	−3.00	−1.76	−1.10	−1.00	−0.60	−0.57	−0.30	+0.04	+0.09
水深	2.70	2.86	2.04	—	1.24	1.90	2.00	2.40	2.43	2.70	3.04	3.09


第4図　水温鉛直分布

に大きくえいきようすることによるものであろう．

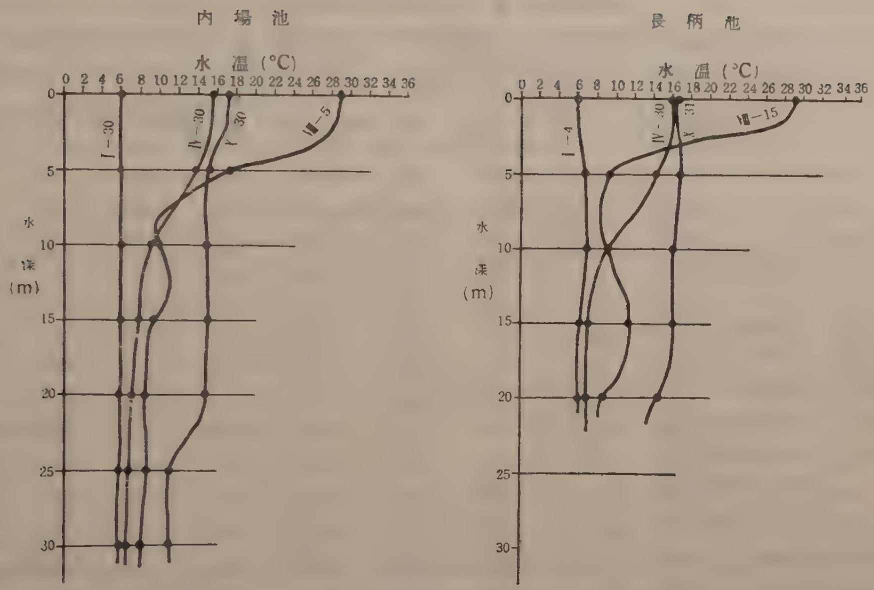
水温傾度の最も小さいのはいずれも1月でほとんど鉛直に近く，12月，2月もこれに類似し，3月以降漸次傾度を増加し，かんがい期に入りて著しくとくに7月において最大となつている．これを数字的にみると最小はいずれも1月で0℃,最大はいずれも7月で20.6℃,13℃, 9℃，5.8℃を示し水深の深い貯水池ほど表水層と深水層との水温差が大であるかを示すものである．

次に水深別水温傾度すなわち水深1m当水温変化の最大は城池9月の6〜7mの5.4℃，奥の堂池7月の4〜5mの7℃，男井間池4月の2〜3mの5.6℃, 平田池6月の1〜2mの3.2℃となつている．かくのごとく最大傾度はその値およびその起る時期，水深などは貯水池によつて悉く異るが，全般的に見て傾度の大きいのは水深の深い満水期の4月〜7月頃に明瞭で，城池では4〜7mの間で8〜10℃，奥の堂池で4〜6mで7〜9℃，男井間池で2〜5mで7〜8℃それぞれ急激なる水温低下によりその躍層の存在を示した．平田池は水深僅かに3mのため躍層の存在は明確を欠いた．

なおかんがい期における水温の鉛直分布から，水温が大体25℃以下に下らない水深は約3mであり，したがつて香川県の貯水池では25℃以上の温水を取水せんとすれば，水深3m以内に第1の取水孔を設ける必要があろう．以上水温の鉛直分布から環境別貯水池の性格はほとんど見られず，環境よりも，むしろその水深が水温分布を大きく左右するもののようである．ただし，貯水池の水深はその環境によつて左右される因子を含む[8]とすれば，水深による水温の差異は，間接的には環境による差異と見なし得ないこともなかろう．

なお1955年8月中に県下満濃池その他数個の貯水池において水温の鉛直分布を測定したが，いずれも水深3〜6mの場合であつて水温傾度も大体類似の傾向を示したたゞその環境規模類似の猫坂池と羽根池とにおいて表層水温は33℃, 32℃でほゞ同じだが，水温傾度で，同じ3mの水深でそれぞれ11℃，3℃と著しい差異を示した．両貯水池は三豊郡上高瀬村の小規模麓池で透明度においても0.8m，2.2mと著しく異る値を示し，両貯水池は水温水質上の興味ある対象例と云うべきであろう．

また内場，長柄の両貯水池[9,10]においては1954年度より水温の鉛直分布を定期的に観測しているが，その結果によると，第5図（1955）のようである．両貯水池は1954年多目的ダムとして竣工した堤高それぞれ50m，30mのコンクリート重力堰堤で香川の貯水池中水深においては最大のものである．表層水温の年変化はともに6℃〜29℃程度でその較差23℃であるが，これは前記4貯水池の場合の3℃〜33℃，較差約30℃に比するとかなり小さいようである．また鉛直分布では夏期の水温傾度が最も大で水深3〜6m附近に著しく16℃〜18℃の急降下を示している．なお両貯水池ともに8月において中間高温水層が見られるが，密度流の存在によるものなるかかんがい水取水によるものなるかその理由は詳にし得ない．この両貯水池はともに多目的なるためその水位変化はかんがい用取水以外の理由によつて昇降するため水温分布も自ら異つた様相を示すこととなろう．



第5図　水温鉛直分布

V　透明度について

かんがい用貯水池の透明度についてはこれまで調査されたものはほとんど見当らない．これに反して湖沼の透明度には多くの研究が発表されている[5]．

こゝに透明度（Transparency）とは水の澄んでいる度合であるが，今回の観測にはSecchi's discを用い直径25cmの白円板が水面から識別しえなくなる限界の水深を以て透明度とした．理論的には蒸溜水の透明度は95mと云われるが，自然界の水はもちろんこれより小さい値をとる．海洋の最大透明度は大西洋の藻海で66m，湖沼では摩周湖の41.6mが世界最大であると云われる．参考までに主なる湖沼の透明度を一べつすると第4表のようである．吉村信吉[1]によると，我国山地の普通の湖沼の透明度は5〜10m，平地の湖沼では1〜2mに過ぎない．透明度を小さくする要因は流域よりの流入水が多量の粘土を含むとき，水深浅く波浪による湖底泥土の捲上げ，湖岸侵蝕が盛なるとき，湖岸植物が発達して有機質残滓多くプランクトンの繁殖の著しいときなどが挙げられている．平坦地の湖沼はこれらの諸条件を具備するもの多くしたがつて一般に透明度は小さくなる．また1個の湖沼についても透明度は水平的に異る分布を示し，さらに季節的変化，豪雨時，強風時などの一時的変化を示すものと云われている．

第4表　湖沼の透明度

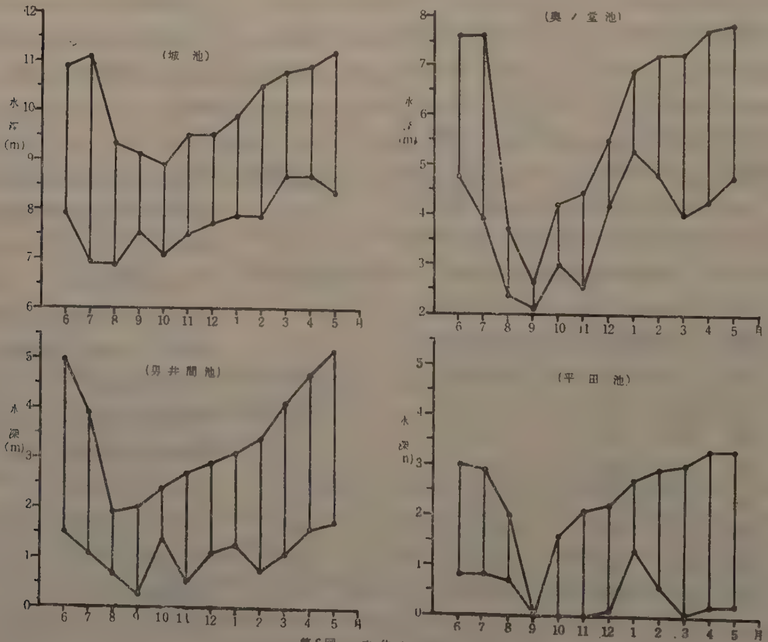
湖沼名	所在地	透明度(m)	最大深度(m)
摩周湖	北海道	41.6	212
バイカル湖	シベリア	40.5	1741
田沢湖	秋田	33.0	425
猪苗代湖	福島	27.5	95
池田湖	鹿児島	26.7	233
十和田湖	青森	20.0	334
本栖湖	山梨	12.5	126
琵琶湖	滋賀	10.0	96
河口湖	山梨	5.0	15
諏訪湖	長野	1.5	7

さて今回の調査は前述のように環境別4個の貯水池について毎月1回ずつ1ヶ年間観測したものを第5表に示し，その他県下幾つかの貯水池について調査したものを第6表に示す．

まず年平均で環境別にみると2.38m，2.19m，2.45m，2.21mでほとんど近似し環境別には特性は見られない．これをかんがい期（6月〜9月）でみると2.81m，2.07m，2.31m，1.87mで山池（城池）でがいして大，麓池（奥の堂，男井間池）で中庸，野池（平田池）で小なる傾向が見られる．これに反して非かんがい期（10月〜5月）で

第5表　透　明　度

貯水池 / 月	城池 透明度(m)	城池 水深(m)	奥の堂池 透明度(m)	奥の堂池 水深(m)	男井間池 透明度(m)	男井間池 水深(m)	平田池 透明度(m)	平田池 水深(m)
6	3.00	10.9	2.80	7.6	3.50	5.0	2.20	3.0
7	4.20	11.1	3.70	7.6	2.80	3.9	2.10	2.9
8	2.45	9.3	1.34	3.7	1.25	1.9	1.31	2.0
9	1.60	9.2	0.45	2.6	1.70	2.0	—	0
10	1.80	8.9	1.22	4.2	1.00	2.4	1.60	1.6
11	2.00	9.5	1.90	4.4	2.20	2.7	2.10	2.1
12	1.76	9.5	1.30	5.5	1.82	2.9	2.13	2.2
1	2.00	9.9	1.60	6.9	1.87	3.1	1.35	2.7
2	2.60	10.5	2.42	7.2	2.67	3.4	2.34	2.9
3	2.06	10.8	3.20	7.2	3.00	4.1	2.95	3.0
4	2.20	10.9	3.40	7.7	3.10	4.7	3.10	3.3
5	2.85	11.2	3.00	7.8	3.50	5.2	3.10	3.3
6～9平均	2.81	10.1	2.07	5.4	2.31	3.2	1.87	2.6
10～5平均	2.16	11.2	2.26	6.4	2.54	3.6	2.33	2.6
全年平均	2.38	10.8	2.19	6.0	2.45	3.4	2.21	2.6
最大	4.20		3.70		3.50		3.10	
最小	1.60		0.45		1.00		1.31	
振巾	2.60		3.25		2.50		1.79	



第6図　水位および透明度変化

は2.16m，2.26m，2.54m，2.33mで大差なきも，山池よりも野池の方がある程度大なる傾向が見られる．

これをさらに年変化の内容についてみるといずれも最大は5～6月頃のかんがい開始期前后に現れている．また環境別透明度の変化の振巾は2.60m，3.25m，2.50m，1.79mで水位変化の大小に比例した変化を示している．この

透明度の年変化は水位（水深）の変化と関係するものゝごとく第6図に示すように水位低下の時期は透明度一般に小さく，水位上昇の時期に一般に大きい値を示し，この傾向はいずれの貯水池にも共通的に現れている．

また第6表に示す県下数個の貯水池については，大部分かんがい期間中に1回観測したに過ぎないが，前記4個の貯水池の透明度と近似値を示す．

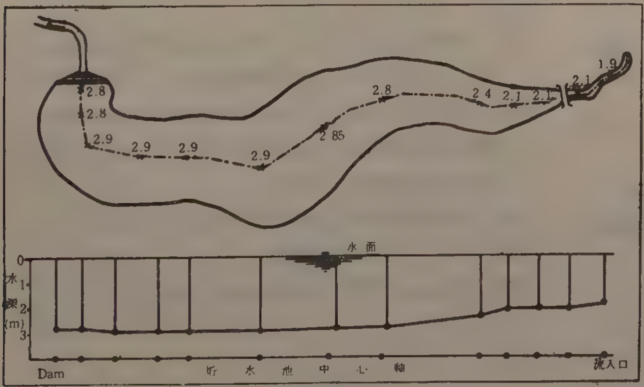
第6表 貯水池透明度

貯水池	所在地	透明度(m)	水深(m)	観測年月日	摘	要
猫坂池	香川	0.8	3.2	1955—8—6	三豊郡上高瀬村	麓池
羽根池	〃	2.2	3.0	〃	〃 〃	〃
勝田池	〃	1.7	2.8	〃	〃 比地大村	野池
国市池	〃	2.0	4.2	〃	〃 勝間村	〃
田井新池	〃	1.3	4.2	〃 —8—7	〃 上高瀬村	麓池
奈良須池	〃	1.7	4.6	〃 —8—25	綾歌郡川岡村	野池
満濃池	〃	0.7	6.2	〃 —8—26	仲多度郡神野村	山池
内場池	〃	2.8	35.0	1956—4—21	香川郡塩の江村	〃
淡海池	滋賀	2.8	19.0	1937—6—15	鳥居菅生氏観測	山池(？)

以上の調査資料では香川の貯水池の透明度について全般的性格を速断することは不可能であるが，大体の値とその年変化の様相を推考することができよう．第6表中満濃池の透明度0.7mは観測当時取水塔工事のため放水し水深僅かに6.2mのときの値で，池水は極度に混濁していた．また猫坂池および羽根池は近接した水面積約0.3haの規模ほとんど類似の麓池であるが，猫坂池の流域は大部分急傾斜畑であるのに対して，羽根池はその流域内に樹齢10〜30年の松林と水田約2ha，数個の小貯水池とを有する．この両貯水池の観測当時の水深は共に約3mでありながら透明度は前者の0.8mに対して後者は2.2mの大差を示したことは前記流域の地勢，地貌，植生などの相異によるものではなかろうか．この両貯水池は前述のように水温においても著しい差異を示した．

なお以上を湖沼の透明度と比較すると，平坦地の湖沼と類似する程度の値を示すもののごとくである．

次に透明度の水平分布について，1956年4月21日内場池においてその池心軸に沿うて観測した．当日は満水し最大水深約30m，時刻は10〜12時，微風，晴天，表層水温平均16°Cであつたが第7図に示すような透明度分布を示した．すなわち，池心軸の大部分は2.8〜2.9mであるが，上流に至るに従い漸次減少して最上流で1.9mとなり，その変差は1mに達した．また最下流の堰堤に近接する附近で僅かながら透明度の減少が見られた．これらの平面的透明度の分布は何に原因するか，この程度の観測では詳にし得ないが，上流の流入口附近で透明度の小なるは流入水中の浮遊粒子が未だ十分に沈降せず，また両岸せまりて池岸植生のえいきようも考えられる．下流堰堤附近で透明度が僅かながら減少するのは池底を潜流する密度流の上昇によるものではなかろうか．



第7図 透明度水平分布（内場池）
(1956—4—21・10〜12時・晴・水温平均16°C)

透明度を左右する因子は甚だ多く，本調査では香川県貯水池の透明度の極く一般をうかがい得た程度で，今后さらに調査を続行し検討を加えたいと考える．

VI 摘要

以上かんがい用貯水池の代表として環境別に選んだ4個の貯水池を中心として主としてその水位変化，水温および透明度について観測検討したが，その結果は至つて概括的なものとなつたがその要点は次のように摘記しえよ

う.

1. 貯水池の最高水位（満水の場合多し）は5，6月頃に最低水位（空虚の場合もある）は9月下旬頃に現れる.
2. 最低水位の場合の残水比率は貯水量で山池45%，麓池10～28%，野池0%（空虚）で，がいして山池は残水多く，野池ほど空虚となることが多い.
3. 降水量は一般に山池地帯ほど多く，集水流域も大なるため山池の方が野池に比して満水の確実性において優れている.
4. 表層水温は環境別に大差なく，かんがい期29°C，非かんがい期14°C，全年17.5°Cの平均値を示す.
5. 表層水温の最高は8月上旬に現れ32～34°C，最低は1月～2月に現れて2～4°Cでその年較差約30°Cである.
6. 気温と表層水温との関係はほとんど全年を通じて常に2～3°C水温の方が高温である.
7. 水温の鉛直分布からみて4°C以下に降下する場合もあり厳密には温帯湖の範ちゆうに入れるべきであろう.
8. 水温傾度はいずれも最小は1月に，最大は7月に現れ，水深の大なるほど傾度は大である.
9. 躍層は水深大なるかんがい期に明瞭で．がいして水深大なる山池ほど深くなつており2～7mの間で水温低下は7°C～10°Cである.
10. かんがい期間中25°C以下に降らない水深は大体3m程度である．たゞし2，3の例外の存在も認められる.
11. 透明度の年平均では環境別に大差なく2.2～2.4mであるが，かんがい期平均では山池（2.8m），麓池（2.1～2.3m），野池（1.8m）で山池ほど大なる傾向が見られる.
12. 透明度の年変化は水深の昇降に伴つて増減する傾向が見られ5～6月の満水期には大で9月頃の減水期には小となつている.

あ と が き

この調査研究は満1ケ年に亘る現地観測が主体となつたため，毎日その調査に当られた現地の木太将美氏，黒川正美氏，漆原綾子氏，植村乗夫氏の御労苦はもちろん，毎月各貯水池ごとにボートを浮かべて水温，透明度などの観測に従事された教室の脇谷助手はじめ専攻学生諸君の絶えざる御尽力に対して厚く御礼申し上げる．なおこの研究は文部省科学研究費の補助によつて行われたものであることを附記する.

参 考 文 献

(1) 鳥居背生：滋賀県淡海溜池の水温について，農土研究，9（4）（1937）.
(2) 鳥居背生：溜池水温調査報告（I～III），11（2），（1939）；12（4）（1940）；15（1）（1941）.
(3) 溝口三郎：かんがい水温に関する研究（1949）.
(4) 農林省改良局研究部：かんがい水温に関する調査研究集録（1956）.
(5) 吉村信吉：湖沼学（1936）.
(6) 吉村信吉：湖の夏季水温標式，海と空，9（2）（1929）.
(7) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究（序報），香川大学農学部研究報告，8（1）（1956）.
(8) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究――貯水池の規模および形態について――，農土学会中四支部研究報告（1956）.
(9) 香川県河川課：内場池管理年表（1956）.
(10) 〃 ：長柄池 〃 （1956）.
(11) WELCH，P.S.：Limnology（1952）.

Résumé

1. This report forms a part of study on the phase of irrigational reservoirs.
2. This contents are composed of three matters;the change of water level, water temperature and transparency in the reservoirs.
3. The change of water level points to the change of storage-capacity, that of the mountain reservoirs changes little, while that of field reservoirs changes much. Many of the field reservoirs

are emptied at the termination of the irrigation season about September.

4. The maximum of the surface water temperature appeared in July32°C～34°C and its minimum in January or February2°C～4°C. It is not clear that the surface water temperature is influenced by the environment.
5. The deeper the reservoir is, the deeper the thermocline stands. The water temperature fall at 7°C～10°C about the depth 2m～7m.
6. The mean transparency a year is indicated at 2.2m～2.4m, and is influenced little by the environment. That of mountain reservoir is 2.8m, that of hill-side reservoir is 2.1m～2.3m, and that of field reservoir is 1.8m, in the irrigation season. The deeper the reservoir is, the extent of the mean transparency increases.

写真—1
城　池（山　池）

写真—2
奥ノ堂池（麓　池）

写真—3
男井間池（麓　池）

写真—4
平　田　池（野　池）

写真—5
水　質　の　観　測

かんがい用貯水池の堆砂に関する研究

Ⅱ　静水中における砂礫粒子の形状と沈降速度に関する一実験的考察

吉　良　八　郎

Studies on the sedimentation in irrigational reservoirs.

Ⅱ. An experimental consideration on the shape and critical fall-velocity of sand and gravel grains in quiescent water.

Hachiro KIRA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received July 20, 1956)

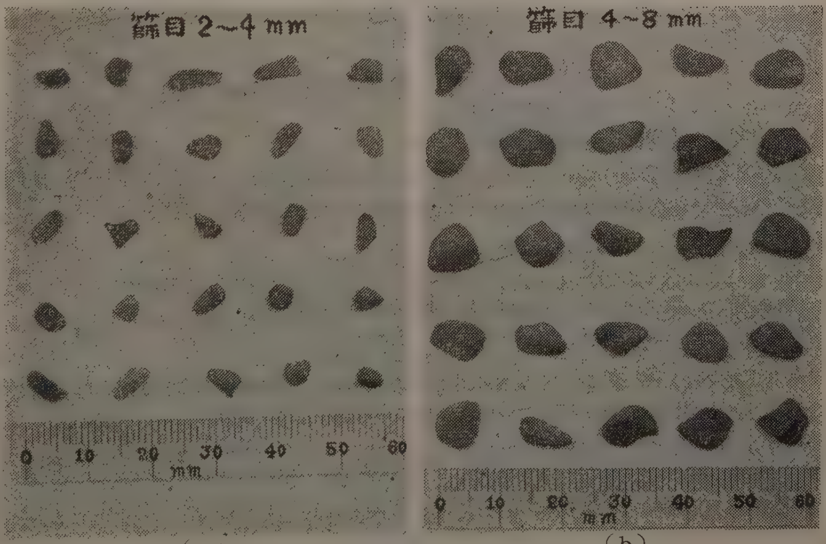
Ⅰ 緒　　言

貯水池内における沈澱解析に対する基礎的実験の一つとして，静水中における砂礫粒形の相異と沈降速度に関する実験をなし，現象の定性的な面に若干の考察をおこなつた報告の１部である．沈降速度に関する NEWTON や，STOKESの理論式，および STOKES の式を拡張した OSEEN，ALLEN，KÁRMÁN，鶴見その他の理論ならびに実験式は，いずれも球形粒子か規則正しい粒子に関するものが多く，しかも 一般に REYNOLDS number の小さいものが多い．砂礫粒のように沈降速度の大きい，形状不規則なところの粒子の形状的因子を考慮した実験が少い．

沈降速度は，勿論粒子の径や比重，水の比重や粘性，水温などにより異なるが，その沈降粒子の形状も沈降速度を左右する大なる因子と考えられ，粒子の形状差異による沈降速度の相異は，水の粘性または比重の差異によるものより著しいことが想像される．すなわち不規則形状の粒子が球形粒子に比して，沈降速度の減少するのは当然の理であるが，筆者は不規則なる砂礫粒子の形状因子として，粒子の長さ，巾，厚さ，細長率，扁平率，方形率，Person径，球形率，表面積その他重さなどを採用して，これら各因子と沈降速度との相関関係を明らかにし，よつて不規則粒子の形状因子を考慮したところの実用的な実験式の誘導を行わんとするものである．

Ⅱ 実 験 方 法

昭和30年9月上旬，香川県香東川産砂礫（灰黒色泉砂岩，比重γ_s =2.645）の篩別径２～８mmを用い，水洗乾燥後２～４mmおよび４～８mmに篩別して各200粒計400粒を実験に供した．（第１図参照）供試粒子はあらかじめ第１表に示すような各粒形因子[(1)]につき測定ならびに計算をなして後，沈降速度実験に供した．



(a)　　(b)

第1図 供 試 砂 礫 粒 子

この礫粒子の長さ，巾，厚さの測定には精度$\frac{1}{100}$mmの Dial thickness

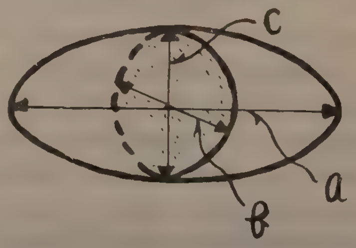
gauge，重さは精度$\frac{1}{100}$gのバランスを使用した．また実験用器は古い方法であるが，直径3cm円筒ガラス製で長さ約110cmのものを第２図のように装置し，学内水道(地下水)の水を満水，水面より約15cm（A点）およびA点から80cmの位置（B点）に水平線をひいた．実験にあたりては各測定粒子を水で湿して気泡を除き，静かに初速度ないように水面に放ち，(A)—(B)点80cm間の沈降時間を0.1秒読ストップウォッチで測定し，限界沈降速度ν（cm/sec）を求めた．この場合沈降時間測定開始A点を水面下約15cmとしたのは，粒子が沈降し始めてより一定の限界沈降速度に達するまでに要する沈降距離以上充分余裕を与えるためである．[2−4] また水温は水の粘性係数に関係するから0.1°C読寒暖計により20回毎測定した．

第２図 実験装置

第1表 砂礫の粒形因子※

名　称	符号	単位	供試粒数	備　考
粒子の長さ	a	mm	400	※※ 精度$\frac{1}{100}$mm Dial thickness gaugeで実測
粒子の巾	b	mm	400	〃
粒子の厚さ	c	mm	400	〃
Person 径	d_p	mm	400	$d_p=\sqrt[3]{abc}$ 計算
表面積	Ao	mm²	400	$Ao \fallingdotseq 11dp$ （太田実験式採用）[1] 計算
球形率	Rc		400	$Rc=\frac{6V}{\pi abc}$ 計算
細長率	e		400	$e=\frac{a}{c}$ 計算
扁平率	f		400	$f=\frac{ab}{c}$ 計算
方形率	S		400	$S=\frac{a}{b}$ 計算
重さ	Ws	g	200	精度$\frac{1}{100}$gバランスで実測

〔註〕 ※（各粒形因子は太田[1]が骨材表面積測定実験に用いたものを採用した）
※※（下図のように砂礫粒子を平板上におき，それが安定位置になつたとき，その垂直投影について最長の直線寸法を長さ（a），それに直角な寸法を巾（b），平板から粒の最上端までの寸法を厚さ（c）とする.）



Ⅲ 実験結果および考察

(1) 粒形因子と沈降速度の相関関係

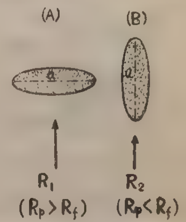
供試砂礫粒は篩で2～4mm，4～8mmに２大別して沈降速度を測定したが，水温は夏季の測定で26.5～27.5°Cであつた．その実験結果は400粒におよぶので省略するが，実験における Reynolds number（$Re=\frac{\nu d}{\nu}$）を，不規則砂礫粒子の平均粒径 d として $(abc)^{\frac{1}{3}}$ すなわち Person径dp を採用して求め dp 階級別にまとめたのが第２表であり，かなり大なる値となる．

第２表 Reynolds number

d_p 階級 (mm)	Person 径 d_p (cm)	沈降速度 ν(cm/sec)	Reynolds 数 $Re=\frac{\nu d}{\nu}$	備　考
2～3	0.2410～0.2844	15.0～24.0	422～ 796	実験水温 T＝27°C,
3～4	0.3072～0.3780	16.0～28.8	573～1270	粘性係数 μ＝0.0085488,
4～5	0.4021～0.4593	18.5～32.0	868～1715	水の密度 ρ_w＝0.997,
5～6	0.5000～0.5934	22.4～33.2	1306～2298	動粘性係数ν＝0.0085745,
6～7	0.6127～0.7000	23.0～35.8	1643～2923	として計算
7～8	0.7142～0.7920	26.0～38.0	2166～3510	

砂礫粒の沈降状態を観察すると第３図のように，扁平細長粒子は通常 a軸が鉛直方向に垂直な姿勢で沈降

して，後述のように抵抗力R_1は形状抵抗力 Rp>摩擦抵抗力 Rf となるが，ガラス壁面に沿つて沈降することがあり，この場合抵抗力R_2はRp<Rf となり，予想以上の沈降速度を示すことがある．このような Reynolds number 大なる場合は，粘性による変形抵抗より表面あるいは形の抵抗となるので，結局 $R_1 > R_2$ でありa軸方向に沈降する場合が沈降速度大となる．また一般に扁平粒子はかなりよろめいてガラス周壁に２～３回つき当り沈降する場合もあり，不規則砂礫粒子の沈降速度は複雑極まることが観察された．



第３図　沈降姿勢による抵抗

筆者はこのような関係を追求するため，不規則砂礫粒子の形状を表示する前述各因子と沈降速度との相関係数を求め，その相関関係を明らかにした．その結果を示したのが第３表である．この結果をみると相関係数の最も大きい因子は，中央部最短径すなわち厚さc（r＝＋0.788）であり，次いで平均粒径を意味するPerson径d_p（r＝＋0.687），表面積A_o（r＝＋0.652），重さW_s（r＝＋0.648），細長率e（r_{mean}＝−0.618），扁平率f（r_{mean}＝−0.593），最長径すなわち長さ a（r＝＋0.477），中央部横径すなわち巾b（r＝＋0.477），球形率Rc（r＝−0.218)などの順序で，いずれも有意な順あるいは逆相関が認められ，方形率S のみは有意な相関が認められない．そこで不規則砂礫粒子において，いわゆる球形粒子の直径d に相当して沈降速度を支配する径としては，最短径なる厚さc か，平均粒径を意味するPerson径d_p などを採用してよいものと考察される．また実測ならびに計算値である各形状因子も，実測による粒子の重さ W_s 程度あるいはそれ以上大なる相関が認められ，これら不規則砂礫粒子においては，その形状因子が沈降速度におよぼす影響の極めて大なることが知れる．

第３表　砂礫粒子の形状因子と沈降速度との相関関係

形　状　因　子	供試粒数	相関係数（r）	t
長　さ（a）	400	+0.477***	10.83
巾（b）	400	+0.477***	10.83
厚　さ（c）	400	+0.788***	39.80
Person 径（$d_p=\sqrt[3]{abc}$）	400	+0.687***	18.85
表 面 積（$A_o \fallingdotseq \Pi d_p$）	400	+0.652***	17.16
球 形 率（$Rc=\frac{6V}{\pi abc}$）	400	−0.218**	3.15
細 長 率 $e_1=\frac{a}{c}$	200	−0.610***	10.86
細 長 率 $e_2=\frac{a}{c}$	200	−0.626***	14.21
扁 平 率 $f_1=\frac{a\ b}{c}$	200	−0.681***	13.14
扁 平 率 $f_2=\frac{a\ b}{c}$	200	−0.505***	8.23
方 形 率 $S_1=\frac{a}{b}$	200	+0.123	1.76
方 形 率 $S_2=\frac{a}{b}$	200	−0.042	0.59
重　さ W_s	200	+0.648***	15.37

註 e_1，f_1，S_1（篩別径2～4mm）
　 e_2，f_2，S_2（篩別径4～8mm）
　 ：P＝0.01で，*：P＝0.001で統計的に有意なことを示す．

そこで筆者はこれら形状因子中特に相関の大なる因子，すなわち不規則粒子の平均粒径とも称すべきPerson径$d_p=\sqrt[3]{abc}$と，細長率$e=\frac{a}{c}$を採用して，不規則砂礫粒子の沈降速度を求める実用的な実験式を誘導算出してみた，これについては次項でのべる．

(2) 実験式の誘導算出

i) 理論的考察[2.5−8]

静水中に水より比重大なる砂礫粒子を入れると，砂礫重量と浮力との差にひとしい力が鉛直下向きに作用して砂礫粒子は沈降を始め，次第に重力のため加速される．この際粒子と水との相対速度により抵抗力が作用するが，この抵抗力は相対速度が増大するにしたがつて著しく増大するから，砂礫粒子の沈降速度がある限界に達して重力の作用と抵抗とが平衡状態になり，その後は等速すなわち限界沈降速度 Critical velocityで沈降するようになる．

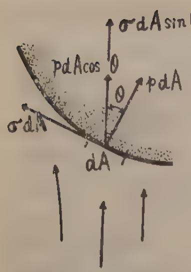
一般に粒子が静水中を沈降する際の運動方程式は次式で示される．ここでρ_s，ρ_w：粒子

$$(\rho_s-\rho_w)\ V.\frac{dv}{dt}=(\rho_s-\rho_w)\ V.g-R \cdots\cdots(1)$$

および水の密度，V：粒子の体積，R：抵抗力である．粒子に働く重力と抵抗力が平衡に達した場合（限界沈降速度に達したとき）には，$\frac{dv}{dt}=0$ であるから次式が得られる．

$$(\rho_s-\rho_w)\ V.g=R \cdots\cdots(2)$$

次に粒子に働く抵抗力Rは速度，沈降方向における粒子の断面積や流体の粘性や密度などに支配される．いま第4



第4図 砂礫粒子表面の抵抗

図のような粒子表面の面積dA部分を考え，この部分に働く圧力をP，dAに立てた垂線と鉛直方向との間の角をθとすると，dA部分に働く圧力による力は$P.dA$，この力の鉛直上向の成分は$P.dA.\cos\theta$で粒子表面全体では$Rp=\int P\cos\theta\, dA$となる．この形状抵抗力Rpは不規則粒子では特にその形状や沈降姿勢によつて異なつてくる．砂礫粒子のように沈降速度が大で REYNOLDS number Re が相当大きくなつてくると，応力は粒子表面に集中していわゆる表面抵抗となり，なお Re が非常に大きくなると境界層が粒子表面から離れて後流を生じ，後流中の渦動により抵抗を生ずるようになり，この後流大きさは粒子の形状に関係するからいわゆる形状抵抗となる．これら形状抵抗の大きさに関し球形粒子について NEWTON が理論的に導いたのが次式である．

$$R=\frac{\pi}{16}d^2\rho_w v^2 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

ここにR：全抵抗力，d：球の直径，v：速度，ρ_w：流体密度である．

次に流体の粘性を考えると粒子表面に摩擦が働く．摩擦応力をσとするとdA部分に働く摩擦の鉛直成分は$\sigma dA\sin\theta$で粒子表面全体では摩擦抵抗力$Rf=\int\sigma\sin\theta dA$となる．一般に速度が小さくREYNOLDS number 小なる場合には慣性項が粘性項に比して小さいために粘性による応力が遠くまで拡がり流線を変形させる．すなわち流体の粘性の変形による抵抗となり，この粘性による変形抵抗に関してSTOKESが球形粒子について理論的に導いたのが次式である．

$$R=3\pi\mu dv \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

ここにR：流体の全抵抗力，μ：流体の粘性係数，d：球形粒子の直径，v：速度である．

以上粒子に働く全抵抗力は$R=Rp+Rf$となるが，RpおよびRfの全抵抗力を占める割合は粒子の形状，沈降姿勢などにより異なることは前述（第3図参照）のようである．そこで粒子表面に作用する圧力Pは BERNOULLI の定理から$\rho_w\frac{v^2}{2}$に比例し，また摩擦応力も$\rho_w\frac{v^2}{2}$に比例するから，粒子の表面積を表わす一つの面積（抵抗力をうける方向に垂直な平面へ沈降粒子を投影した投影面積）をAとすると，抵抗力は$\rho_w\frac{v^2}{2}A$に比例する．よりて抵抗力を示す式は次のようになる．

$$R=\alpha\cdot\frac{v^2}{2}\cdot\rho_w\cdot A \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(5)$$

ここにR：全抵抗力，v：速度，A：抵抗をうける粒子の断面積，α：抵抗力係数である．このうち抵抗力係数はdimensionをもたなく，粒子の大きさ，形，沈降姿勢，抵抗をうける断面のとりかた，粘性などにより異なるもので，一般に REYNOLDS number の函数で示されておる．すなわちReの小さい間は粒子に対する抵抗は粘性による変形抵抗であり，αは$\frac{24}{Re}$にひとしくReに逆比例するが，Reが大きくなると表面の抵抗あるいは形状抵抗となり$\alpha\propto\frac{1}{Re^n}$，$0<n<1$ の形になり鶴見博士[(6)]は WIESELSBERGER の抵抗係数曲線を利用して前述STOKES の抵抗法則（n＝1）と NEWTON の抵抗法則（n＝0）が成立するReの中間範囲において，ALLEN の法則（n＝0.5）および KÁRMÁN の法則（n＝0.2）が成立することを認めている．

以上の関係から(5)式の抵抗を(2)式に代入すると，次のような限界沈降速度に達した後における平衡条件式が得られる．

$$(\rho_s-\rho_w)V.g=\alpha.\frac{v^2}{2}.\rho_w.A \cdots\cdots\cdots\cdots(6)$$

(6)式から限界沈降速度vを求めると(7)式が得られる．

$$v=\left\{\frac{\rho_s-\rho_w}{\rho_w}.\frac{2g}{\alpha}.\frac{V}{A}\right\}^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(7)$$

球形粒子の場合には$V=\frac{\pi d^3}{6}$，$A=\frac{\pi d^2}{4}$を代入して得られる(8)式が限界沈降速度となる．

$$v=\left\{\frac{4}{3}.\frac{d}{\alpha}.\frac{\rho_s-\rho_w}{\rho_w}.g\right\}^{\frac{1}{2}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

ところで自然の形が極めて不規則である砂礫粒子では(8)式をそのまゝ利用することはできないわけで，この点RITTINGER，RICHARD，SCHULZ[(7)]などは，丸い，細長い，あるいは扁平な形の沈降速度を示すための係数を決

め，久宝は[3,4] 扁平率$\left(\frac{c}{b}\right)$を採用した実験式を示している．そこで本実験のように不規則な砂礫粒子の場合として，いま(7)式においてρおよび抵抗力係数αを一定とすると，次式を得る．

$$v=\beta'\left(\frac{V}{A}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (9)$$

ここで係数β'および$\frac{V}{A}$は実験により決める外なく，とくに$\frac{V}{A}$項でVは一応求まるとしても，抵抗をうける断面積Aは不規則粒子の形状，沈降姿勢により異なり，$\frac{V}{A}$項は砂礫粒子の長さ，巾，厚さあるいは形，大きさなどに関係するので理論的推定困難である．そこで$\frac{V}{A}$は不規則砂礫粒子の形状因子中，相関の高いその平均径を意味する Person径$d_p=\sqrt[3]{abc}$および細長率$e=\frac{a}{c}$によるものと考えて(10)式を誘導し実験式を算出することにした．

$$v=\beta\left(\frac{a}{c}\right)^{m}\cdot d_p^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (10)$$

ここでβ，mは実験により決める．

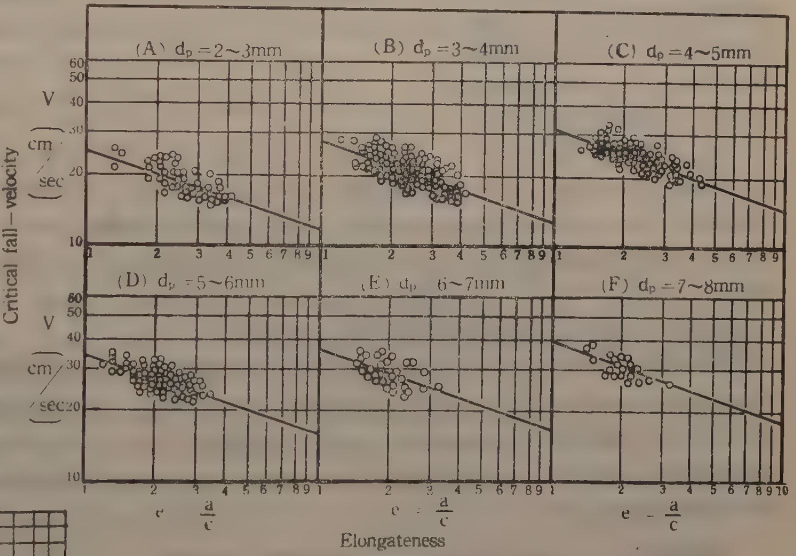
ii）実験式の算出および吟味

前述(10)式のように不規則砂礫粒子の径として，その平均径を意味するPerson径d_pを採用し，これに細長率eを導入したが，簡単のため次の形で実験結果を整理することにした．

$$v=\beta\cdot\left(\frac{a}{c}\right)^{m}\cdot d_p^{\,n} \quad \cdots\cdots (11)$$

ここにv：限界沈降速度，cm/sec，$d_p=\sqrt[3]{abc}$（a，b，cは砂礫の長さ，巾，厚さ，mm），$\frac{a}{c}=e$（細長率），β，m，nはある係数，指数とする．

いまβ，m，nを求めるためにd_p階級別に$e=\frac{a}{c}$とvの関係をlog-log graphに示すと第5図（A）～（F）となり，次式の関係があることがわかる．



第5図　Person径階級別細長率と沈降速度の関係
$\left[v=K\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}}\right]$

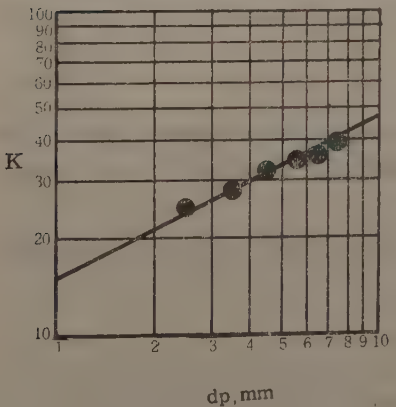
$$v=K\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}} \quad \cdots\cdots \text{（Kは係数）}$$

次にd_p（階級別平均値）と係数Kとの関係を第6図のようにlog—log graphから求めると次式が得られる．

$$K=15.0\,d_p^{\frac{1}{2}}$$

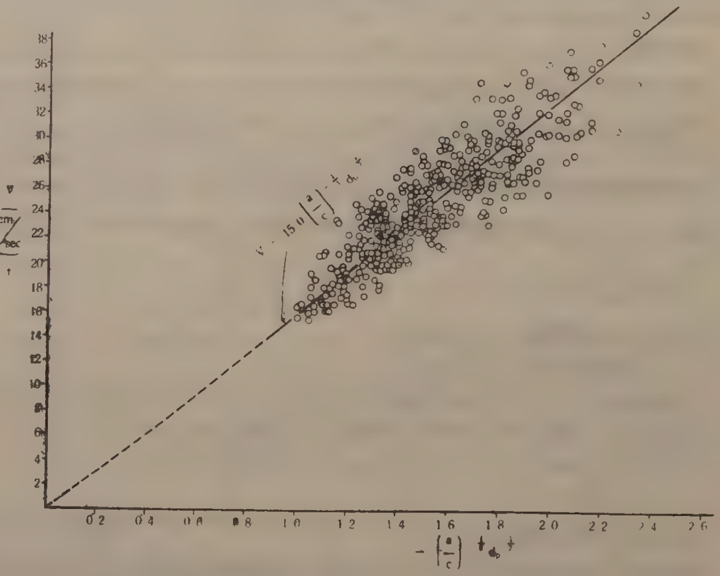
したがつて$\beta=15.0$，$m=-\frac{1}{3}$，$n=\frac{1}{2}$となり，細長率を考慮した場合の限界沈降速度vは(12)式で与えられると考えられる．

$$v=15.0\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}}\cdot d_p^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots (12)$$



第6図　d_pとKとの関係
$\left[K=15.0\,d_p^{\frac{1}{2}}\right]$

いま⑿式を，横軸に各$\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}}\cdot dp^{\frac{1}{2}}-dp^{\frac{1}{2}}\left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{3}}$を計算してとり，縦軸に沈降速度$v$をとり示したのが第７図である．この場合沈降速度は不規則粒子の示すPerson径dpの$\frac{1}{2}$乗に正比例し，また細長率$\left(\frac{a}{c}\right)$の$\frac{1}{3}$乗に逆比例することが認められるが，〃普通の速度では流体の抵抗が速度の２乗に比例するから，流体内における落体の限界速度は，同形同質物体なら粒径の$\frac{1}{2}$乗に比例する〃と云うNEWTONの落体法則により $d^{\frac{1}{2}}$ に正比例するとした多くの実験公式と大差ないことが認められる．



第７図 $\left[\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}}dp^{\frac{1}{2}}\right]$ とvとの関係

そこで不規則砂礫粒子の限界沈降速度は,Person径dpが大なるほど正比例的に大きくなるが，その細長率$\frac{a}{c}$が大なるほど，すなわち粒子が細長くなるほど逆比例的に小さくなることが云えるであろう．ただこの場合に水温（26.5～27.5°C），砂礫比重（$\delta s=2.645$），容器の大きさ（径３cmガラス円筒）などを一定とみなした実験結果であり，これら水温，粒子の比重，あるいは実験容器の大きさなどによりβ，mなどの係数が変化するであろうことは当然予想される．すなわち実際に貯水池におけるような広い場所を占める流体中ではなく，管のように限られた狭い場所における粒子の沈降運動では，その周壁の影響が現われ落下沈降に対する抵抗が大きくなり，したがつて沈降速度は小さくなるはずである．この点に関してFRANCIS，LADENBURG，MUNROE，MC NOWN[7]などはSTOKESあるいはNEWTONの法則にこれら周壁の影響を加味した実験式を示している．

最後に筆者の実験式を吟味してみよう．筆者の行つた実験において，砂礫粒子の径を $dp=(abc)^{\frac{1}{3}}$ としてREYNOLDS numberを求めると前述のように相当大となるが，Reがこの程度の場合における沈降速度が $dp^{\frac{1}{2}}$ に比例することは，鶴見公式[6]，KREY公式[5] あるいは久宝実験式[3] などと一致する点である．また比重$\delta s=2.64$の球形砂礫粒子（水温25°C）として鶴見公式をv（cm/sec），d（mm）単位に換算比較すると次のようになり，筆者の場合鶴見理論公式の

鶴見公式…………$v=23.1\ d^{\frac{1}{2}}$　（v：cm/sec，d：mm）

筆者実験式………$v=15.0\ d_p^{\frac{1}{2}}$　（v: cm/sec, d_p : mm）

0.65倍となるが，この点鶴見博士も砂粒子の実験によりRITTINGER，RICHARDなどの与えた係数から認めている事実である．また丸味あるKREY公式を換算比較すると次式となり，筆者実験式において細長率$\frac{a}{c}=1.06$とした場合

KREY公式 ………$v=15.9\ d^{\frac{1}{2}}$　（v：cm/sec，d：mm）

の沈降速度を与えることになる．また久宝実験式を筆者の場合の符号にて示すと次のようになる．この場合久宝は$\frac{c}{b}$を扁平率となして

$$\left.\begin{aligned}&\text{久宝実験式 (a)}\cdots\cdots v=16.0\left(\frac{c}{b}\right)^{\frac{1}{2}}\cdot d_m^{\frac{1}{2}}\\&\quad〃\quad\text{(b)}\cdots\cdots v=17.6\left(\frac{c}{a}\right)^{\frac{1}{8}}\cdot d_m^{\frac{1}{2}}\\&\quad〃\quad\text{(c)}\cdots\cdots v=14.5\left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{1}{4}}\cdot d_m^{\frac{1}{2}}\end{aligned}\right\}(v:\text{cm/sec},\ d_m:\text{mm})$$

（a）式を第1近似実験式とされているが，その（b）式をみると筆者の細長率 $\frac{a}{c}$ の逆数を示しておるから $\frac{1}{3}$ 乗となり，細長率 $\frac{a}{c}$ の $-\frac{1}{3}$ 乗に比例する筆者実験式も妥当なものと考えられる．ただその係数，指数において以上の各理論ならびに実験式と異るのは，水温，比重，容器の大きさなどは勿論，その粒径dのとりかたが多少異なつたからであろう．

Ⅳ 摘要結言

貯水池内における沈澱解析に対する基礎的実験として，静水中における比較的Reynolds数の大きい不規則砂礫粒子の形状因子と，その沈降速度に関する一実験を試み次に示すような結果を得た．

1） 不規則砂礫粒子の沈降速度を求むるには，その形状因子を考慮する必要がある．

2） 不規則砂礫粒子の各形状的因子と限界沈降速度との相関関係は，第3表のように粒子の厚さcが最も大きく，次いでPerson径 d_p，表面積Ao，重さWs，細長率e，扁平率f，粒子の長さa，粒子の巾b，および球形率Rcの順に，いずれも有意な順あるいは逆相関が認められる．

3） 大体比重一様なる流体および砂礫粒に関する限界沈降速度はPerson径 $d_p=\sqrt[3]{abc}$ の $\frac{1}{2}$ 乗，細長率 $e=\frac{a}{c}$ の $-\frac{1}{3}$ 乗に比例する．その比例係数は容器の大きさ，水温などの影響あるものと考えられる．

最後に本実験ならびに計算整理に協力された藤沢武氏ならびに合田喜久子嬢に感謝の意を表し本稿を終る．（昭和31年4月．農業土木学会発表）

参　考　文　献

(1) 大田誠一郎：骨材の表面積について，室蘭工業大学研究報告，1 (3)，389～415（1952）．

(2) 物部長穂：水理学，243～254，丸善（1954）．

(3) 久宝保，田中要三：砂利の沈降速度に関する実験的考察Ⅰ，徳島大学工学部研究報告，4 (1)，20～25（1953）．

(4) 久宝保：静水中における砂利の転動あるいは沈降速度について，土木学会誌，38 (4)，129～132（1953）．

(5) 本間仁：水理学（技術者のための流体の力学），186～216，丸善（1955）．

(6) 鶴見一之：沈降速度の理論及実験，土木学会誌，18 (10)，1059～1094（1932）．

(7) 高桑健：選鉱工学（上），44～60，共立出版（1955）．

(8) 本間仁：高等水理学，160～163，産業図書（1955）．

Résumé

This paper contains a part of study on the sedimentation of grains which are dropped in reservoirs. The qualitative relationship between the shape factors and critical fall-velocity of gravel grains in quiescent water was ascertained by our experimental results.

The results are as follows:

(1) As the critical fall-velocity of the gravels having irregularity was quite different by the influence of shape factors of gravel grains, the author found that these existed a positive or negative correlation of a greater dominance among such items as height of grain c ($r=+0.788^{***}$), Person diameter $d_p=\sqrt[3]{abc}$ ($r=+0.687^{***}$), specific surface Ao ($r=+0.652^{***}$), weight Ws ($r=+0.648^{***}$), elongateness $e=\frac{a}{c}$ ($r=-0.618^{***}$), flatness $f=\frac{ab}{c}$ ($r_{mean}=-0.593^{***}$), length of grain a ($r=+0.477^{***}$), breadth of grain b ($r=+0.477^{***}$), sphereness $Rc=\frac{6V}{\pi abc}$ ($r=-0.218^{**}$) etc. and critical fall-velocity v.

(2) Especially, since characteristics of gravel grains having irregularity, or elongateness ($e=\frac{a}{c}$) and Person diameter ($d_p=\sqrt[3]{abc}$), it seems that the critical fall-velocity is shown as the following experimental formula;

$$v=\beta\left(\frac{a}{c}\right)^{-\frac{1}{3}} \cdot d_p^{\frac{1}{2}}$$

where, v: critical fall-velocity (cm/sec), β: coefficient (15.0). Therefore, author tried that, if the Reynolds number is large and falling materials are gravels, above shown formula is consisted.

かんがい用貯水池の堆砂に関する研究

Ⅲ 神内上池における堆砂の層理について

吉　良　八　郎

Studies on the sedimentation in irrigational reservoirs.

Ⅲ. On the stratification of sediments in reservoir Jinnaikami.

Hachiro KIRA (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received July 20,1956)

Ⅰ 緒　　　言

貯水池における堆砂埋没問題解決にあたり現存貯水池の堆砂分布状態を把握しておくことは，その堆砂による埋没機構究明のため必要なことである．この点から筆者は，香川県下に数多く（18,606個）分布している主としてかんがい用貯水池を対象に，本学前川教授の研究テーマとされているかんがい用貯水池相に関する研究[1—3]の水文的因子の１部として，貯水池相別堆砂分布調査を進めている．そのうち香川県春日川支流天満川を締切つた神内上池を研究材料として，折から嵩上ならびに樋管工事施工中の空の期間を利用して，昭和29年末主として堆砂の垂直分布について調査を行い，既設人工湖としての二，三の性格を究明しえたので，いわゆる山池[3] mountain-reservoir の著例として報告する．

Ⅱ 貯水池埋没支配因子からみた神内上池の概要

神内上池は香川県中部安原村外２カ村にわたる850haの流域をもち，木田郡西部を北流している春日川支流天満川の最下流部を締切り，下流側神内池（寛永12年築造，満水面積35ha）の補助池として大正３年築造されたかんがい用貯水池である．この貯水池は春日川を水系とする通称四カ池（神内上池ならびに神内池，公淵池，松尾池および城池を四カ池と称す）と称せられるものの一つで，流域相当大にしてなお余水ある関係上，神内池の補助池としてのみでなく，他の直接流域狭少のため満水しえない公淵池，松尾池などに余水を補給する目的で，昭和27年度から県営四カ池用水改良事業が発足，現在1.2mの土堰堤嵩上工および取水装置としての斜樋管工が完了し，以降余水吐工，導水路工などが計画施工されんとしている．なおこの四カ池用水改良事業の一端として，昭和28年度より東京大学農学部ならびに当香川大学農学部に神内上池流域流出率調査が委託され現在続行中であるが，筆者はまた別にこの調査に関連づけて貯水池搬入浮流土砂量および沈澱箱による沈澱堆積量などの実測を実施中である．

浮流土砂量や堆砂量の実測結果は今後長期間のデータによることにして，ここでは第１報[4]に示した貯水池埋没を支配する各因子について若干考察してみよう．

１）流域面積………第１，２表のように直接土砂供給源となる直接流域面積は，貯水池満水面積の約110倍にあたり，相当莫大な土砂が搬入堆積することが予想される．この際第１図で分割流域A_1，A_2，A_3，A_4なる部分（約80%）の土砂は，降雨による土壌侵蝕により天満川本流に流出し，河川による掃流ならびに浮流物質のかたちで神内上池に流送堆積し，単独分割流域である貯水池両岸のA_5，A_6なる部分（約20%）では，それぞれ小谷流による土砂運搬，池岸山地からの直接土壌侵蝕，あるいは貯水池波浪による池岸侵蝕のかたちで搬入堆積することが考えられる．

第１表　神内上池の概要[5]

	嵩上前	嵩上後
流域面積（ha）	850.0	850.0
堤　高（m）	26.0	27.2
堤　長（m）	125.0	129.0
貯水容量（m³）	636,200	759,125
満水面積（ha）	7.655	8.738

第 2 表　　神内上池流域の概要[6]

流域区分	流域面積 A (ha)	流域面積 比率 (%)	河川の長さ L (m)	流域の形状係数 F	流域の平均勾配 S	備考
I	A_1=255.2	30.9	L_1=2500	F_1=0.409	S_1=0.285	A=638.8ha F=0.251 S=0.293 (I～IV)
II	A_2=112.6	13.6	L_2=2300	F_2=0.213	S_2=0.323	
III	A_3=116.6	14.1	L_3=1200	F_3=0.812	S_3=0.268	
IV	A_4=154.4	18.7	L_4=1350	F_4=0.847	S_4=0.302	
V	A_5= 97.1	11.7	L_5=1500	F_5=0.432	S_5=0.236	単独流域 } A=180.2ha
VI	A_6= 83.1	10.1	L_6=1200	F_6=0.577	S_6=0.280	単独流域 }
VII	A_7= 7.4	0.9	L_7=1100			
Σ	A =826.6	100	L=6150(本流長)		S=0.294	

註
- Fは　HORTON公式 $F=\frac{B}{L}=\frac{A}{L^2}$，（B=流域平均巾）による．
- Sは　HORTONの等高線延長法 $S=D\frac{\Sigma l}{A}$，（D=相隣る等高線高差，l=等高線長）による．
- Lは地形図で測つた水平距離，なお本表は5万分の1地図によるもの．

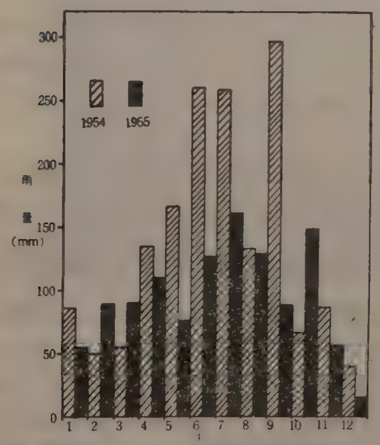
第 1 図　　神内上池流域の概要

2）流域内の地質，土壌の特性………ほとんど第4期新層の花崗岩質砂質壌土であり，これら花崗岩質土壌は他の砂岩や安山岩質土壌に比して受蝕性高いことを川村，[7] 斎藤[8] などが指摘しているように，地質，土壌の面からも顕著な土壌侵蝕による貯水池埋没促進の危険性が予想される．

3）流域内の地形的諸条件………流域標高はmax.480m，min.100m 高差380mで，その平均勾配をHORTONの等高線延長法で求めたのが第2表に示され，全流域でS＝0.294となり相当急峻なる山地流域なることが知れ，この点からも土壌流亡助長の危険性が高くなる．また第2表に示した流域の形状を示すHORTONの形状係数は天満川で大体0.2〜0.8の範囲にあり，わが国大河川，たとえば北上川(0.18)，多摩川(0.07)，相模川(0.13)などに比較して相当大なる値を示す．すなわち長さの割に巾の広い地域をもつことになり，その結果流域の各部に降つた雨がほとんど同時刻に河川に出てくるから洪水量したがつて流送堆積土砂量が大となるといえるであろう．

4）流域内の植物被覆の性質………流域内の地目別面積比率をみると，山林原野が約83.2%，耕地約15.4%（水田10.6%，畑4.8%），それに池沼（神内上池および広田池）約1.4%を占め，山林は樹令10〜40年の赤松，黒松が多くそれに水害防備林として最適の竹林が山脚に点在し，その他雑木からなつている．また原野も一応砂防のため山腹張芝工が施されており，傾斜地開設耕地としての水田，畑はいずれも棚田や階段畑であり，土壌保全，堆砂埋没防止面からみた流域の地被状態[9] は概して良好といえる．

5）流域内の気象的諸条件………神内上池流出率調査のための流域内6カ所気象観測結果によると，年雨量約1,000〜1,700mmでその月別分布も年により異るが第2図のように6，7，8，9月にわたるpeakがあるようで，流域内2カ所の自記雨量計記録による月別最大10分間降雨強度を示すと，第3表のようであり，筆者が土壌侵蝕現地試験[10,11] から判定した限界強度2mm/10分（ただし傾斜15°裸地）以上の危険降雨が6〜9月に頻発しており，筆者の高松における過去12年間資料[12] による危険降雨の季節的分布から推定すると，雨蝕危険性は6月下旬〜8月上旬および8月下旬〜9月下旬に最も高く年間堆砂の大部分はこの季節の降雨により流亡搬入されることが考えられる．この点池内6カ所に設置した沈澱箱による観測により，季節的分布状態の究明が可能となる．

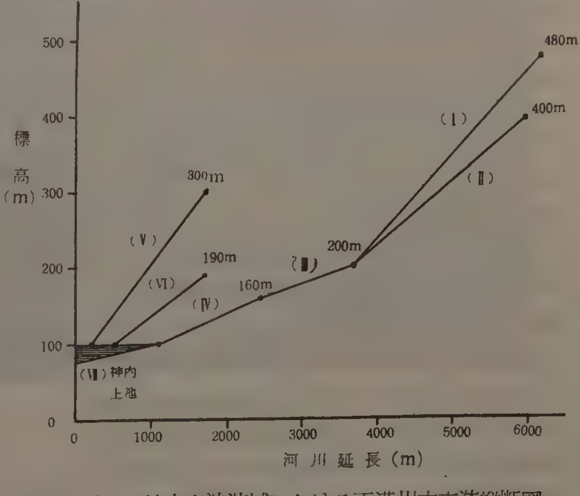


第2図　神内上池流域月別雨量（6カ所観測平均）

第3表　月別最大10分間降雨強度（神内上池流域）

年	月	最大降雨強度 mm/10min	備考
1955	4	2.4	R_6（川添）および R_8（久保田）における自記雨量計記録によるもの。※:欠測のため井戸村土壌侵蝕試験地資料[10]を採用.
〃	5	1.6	
〃	6	11.0※	
〃	7	7.0	
〃	8	8.5	
〃	9	11.6	
〃	10	3.0	
〃	11	1.2	
〃	12	0.4	
1956	1	2.0	
〃	2	0.9	
〃	3	1.6	

6）水理学的特性………天満川は春日川支流の山地流域にあたるので，第3図のように縦断勾配急であり，流速も大となりしたがつて浮流ならびに掃流土砂量が大となることが考えられ，後述のように貯水池内堰堤附近まで掃流砂が達した一原因が裏書される．



第3図　神内上池流域における天満川本支流縦断図

7）人為的諸作用………この点から流域内耕地の土壌侵蝕防止，植林，山腹の治水工事などによる流域管理が望まれるが，神内上池の場合特に上流側に数カ所砂防堰堤を築造して，貯水池流入土砂を上流側において阻止する方法が，堆砂問題解決の先決問題と考えられる．

8）貯水容量………貯水容量の大小は直接堆砂による埋没年数に密接な関係があり，流域面積や貯水池流入水量などと関連づけた実験式により考察してみよう．まず筆者実験式[4]で承水係数 $f_a=\frac{C}{A}≒7.4847\times10^{-2}$（C:貯水容量$m^3$，A:流域面積$m^2$）を導入したものから概算すると平均年堆砂率 $R_S=0.17(C/A)^{0.43}≒0.52\%$ となり，約192年で埋没．昭和29年現在全堆砂率は貯水池年令40年として約21%と概算される．また貯水率 $R_C=\frac{C}{Q}\times100≒26.0\%$（Q：平均年貯水池流入水量）を導入したものからは $R_S=2.89\left(\frac{100C}{Q}\right)^{-0.40}≒0.76\%$ となり，約133年で埋没，現在全堆砂率は約30%と概算される．

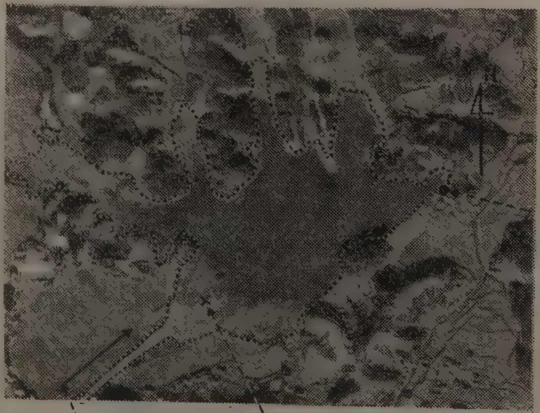
次に鶴見実験式[12]を用い堆砂量を概算してみると，$q_s=0.1(C/F)^{0.8}=7.93\ m^3/km^2$ of drainage area/year．となり，平均年間全堆砂量は約6,742m^3/year，埋没年数は約94年，現在堆砂量は貯水容量の約42%と計算される．この場合平均年堆砂率は約1.06%となり筆者の式よりやや大なる値がでる．

以上各実験式はわが国大規模発電用貯水池の資料によるものであるが，承水係数，貯水率について発電用高堰堤の平均値（$f^a=5.2537\times10^{-2}$，$R_C=41.1\%$）と比較すると承水係数は大で貯水率は小なる値を示し，実験式による概算値からみると，大体小渓谷を締切つた場合であり，大規模な発電用貯水池の場合における緩慢型埋没貯水池に相当するようである．

9）貯水池の環境位置………前川教授の環境別に分類された山池 mountain-reservoir（河川の本流または主要な支流を山間渓谷において締切るもの）に相当するものであり，またその名が示すように同一河川水系の最上流を締切つたところの棚池中奥池あるいは上池に相当するものであるから，堆砂埋没の危険性多く後述のようにその堆砂分布においては顕著な山池の特色を示しておる．

10）貯水池面積，深さ，縦横断形状………貯水池満水面積は第1,2表のように流域面積の約1%足らずであり，この点からも埋没速度大なることが想像される．深さは最大深約23mでありその断面形状をみると湛水長約1,100mで前川教授[3]によると窪み度 $C=\frac{H}{R}=\frac{H}{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}=0.14$（H：最大水深，R：満水面の平均半径）であり，他の例（日本かんがい用高土堰堤平均0.11，朝鮮かんがい用高土堰堤平均0.02，日本発電用高堰堤平均0.06，あるいは香川県下かんがい用実測貯水池平均では山池0.12，麓池0.08，野池0.04など）に比較して相当大なる値を示しており，その貯水池の窪み方あるいは池岸の平均傾度がいわゆる山池的性格を示すもので，その堆砂機構も野池[1-3] field-reservoir（平野の窪地とか僅かの高低差を利用して締切るもの）とは大いにことなる面が顕著にみられる．

11）堆砂排除施設………この役目を果すものに余水吐，底樋管などがあるが，昭和29年4月15日底樋管入口欠潰後多量の堆砂泥が下流側河川を埋没し，更に下流約700mに背水点をもつ神内池に搬入堆積されて顕著なデルタを急造したことからみて，底樋管利用による排砂効果の極めて大なることがうかがえる．第4図は下池である神内池を示すもので，その上流側白い部分は，減水期に露出したDelta deposit を明示している．この Delta は神内池築造（寛永12年，1635年）後，その上流側に神内上池築造（大正3年，1914年）まで約280年間にわたり，直接天満川流域から搬入堆積して進展し，その後約40年間はほとんど進展なく，今回（昭和29年，1954年）の神内上池内堆砂池泥の放出，搬入により急速に前進したものと考えられる．なおこのような Delta の進展により，貯水容量，満水面積などの変移減少をもたらす反面，満水面上露出したデルタ地帯は，再び貯水池築造



第4図　神内池におけるデルタ進展状況（減水期における航空写真）

前の農耕地として自然干拓が行われたことになり，神内池の場合も，上流側デルタ地帯が相当美田と化している．

以上神内上池に関する埋没支配因子について若干解析してみたが，堆砂埋没の著しい発電用高堰堤に比較したら，その規模小で緩慢型埋没貯水池に相当するも，香川県下におけるかんがい用貯水池中では，堆砂による埋没危険性大なる貯水池であると考えられ，その残存堆砂状況あるいは実験式による概算などからみて，大体40年間に約10〜20%程度埋没していたのではないかと推察される．

Ⅲ　神内上池に見出された堆砂層理

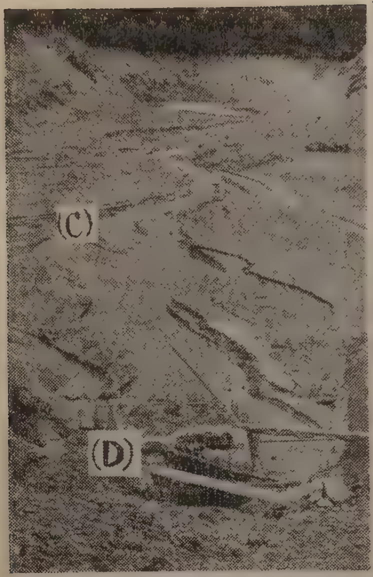
昭和29年4月15日底樋管欠潰後，昭和30年末嵩上，斜樋管工事完了し貯水開始までの期間において，洪水毎堆砂池泥の大部分が底樋管を通じて放出されたが，筆者は昭和29年末空虚の期間を利用してその残存堆砂の垂直分布調査を行つた．すなわち残存堆砂は旧河心（流心）を中心に両岸侵蝕をうけて明瞭な垂直断面を露出しており，しかも流心部は旧池床を露出しているので堆砂の最下底から残存堆砂分布が容易に観察できた．（第5図a〜d参照）

（A）点：A断面調査位置，両岸は侵蝕をうけた堆砂垂直断面露出

第 5 図　a：底樋管欠潰後の堆砂流出状況
〔上流側デルタ部分（Top-set beds），
昭和29年4月末，前川写〕

B点：B断面調査位置，調査時は写真堆砂面より約5 mの旧池底まで侵蝕さる。

第5図　b：底樋管欠潰後の堆砂流出状況，
〔肢節分岐部分（Bottom-set beds），
昭和29年4月末，前川写〕



C点：C断面調査位置
D点：欠潰底樋管

第5図　C，底樋管欠潰後の堆砂流出状況
〔下流側（Bottom-set beds），昭和29年4月末，前川写〕

第5図　d 底樋管欠潰後の堆砂流出状況，
〔下流側（Bottom-set beds），昭和29年10月採土時，吉良写〕

大観的にその流心部両側の垂直分布をみると，山池堆砂の特性を示しており，上流から堰堤附近までの各断面において，洪水時における掃流により流送堆積したと考えられる掃流物質層 tractional-load layer(主として黄褐色，茶褐色乃至赤褐色を呈した砂礫層）と，洪水時あるいは掃流物質を伴わない出水時に，浮流あるいは潜行密度流により運ばれた微細粒子からなる浮流物質が徐々に沈澱堆積したものと考えられるところの浮流物質層 suspended-load layer（腐植や亜酸化鉄の存在によりほとんど青色をおびた腐泥粘土層）なる堆積層が互層をなしており，いわゆる層理 stratification を形成して大型の縞が明瞭に認められた．またこの砂礫層と腐泥層が互層をなす各層理について浮流物質層で約2～5 mm程度，掃流物質層で約10～100mm程度の多数の縞，すなわちPerfiliev（1929）(15)が湖沼堆積物で命名した微層理 Mikrozone，micro-stratificationが発見された．なお各微層理内では沈澱速度の関係で下層ほど粗粒子，上層ほど微粒子なる層序を示しており，その傾向は浮流物質におけるいわゆる沈澱微層理 Sedimentmikrozone, sediment-micro-stratificationにおいて顕著であつた（第6図参照）．

また各残存垂直断面をみると，そのうち浮流物質層はいわゆる池泥の特長(16)を示しており，腐植や亜酸化鉄の存在により一般に暗青色を呈しているが，旧池床より堆砂上層になるにしたがつてO_2による酸化がおこなわれて酸化鉄の存在多くなり，次第に褐色を帯びその色も暗青色から淡青色に露出表面に至ると褐色に近づく傾向がうかがえた．

堆砂分析試料は第1，4図のようにその流心部に沿つてそのTop-set bedsとみられるA点(厚さ340cm)，Bottom-set bedsと考えられるB点（厚さ470cm）およびC点（厚さ145cm）なる

第6図　A点（Top-set beds）における堆砂層理

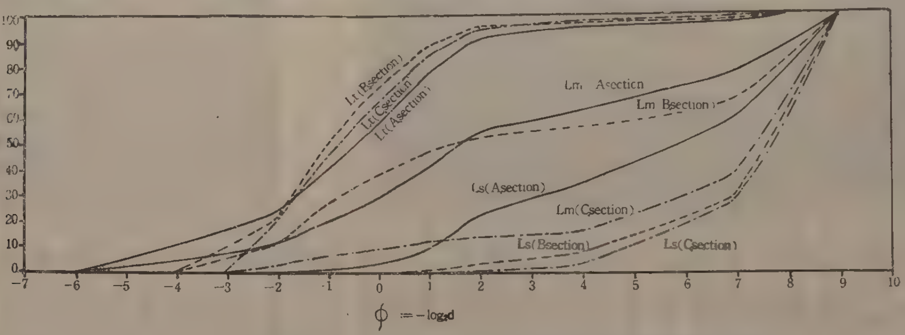
第4表　堆砂の理学的性質

断面	番号	符号	旧池床よりの厚さ (cm)	層理厚さ (cm)	礫 4 mm <	礫 4 ~ 2 mm	粗砂 2 ~ 1 mm	粗砂 1 ~ 0.5 mm	粗砂 0.5 ~ 0.25 mm	細砂 0.25 ~ 0.05 mm	微砂 0.05 ~ 0.01 mm	粘土 0.01 mm >	細土中粘土分 (%)	最大径 (mm)	原土 仮比重 (S_{a1}) 粗	密	平均	細土 仮比重 (S_{a2}) 粗	密	平均	真比重 (S_r)	孔隙率 (P) %	有機物含量 C (%)	Humus (%)	色	土性名
A 断面	9	L_s	340	80	0.20	0.77	1.35	2.18	17.73	14.75	28.99	34.03	34.36	5.0	0.91	1.08	1.00	0.90	1.07	0.99	2.01	50.75	1.27	2.19	暗褐色	細壌土
	8	L_t	260	80	25.90	22.85	20.12	17.17	9.74	2.10	0.87	1.25	2.45	25.0	1.44	1.56	1.50	1.32	1.40	1.36	2.58	47.30	0.07	0.12	淡褐色	礫に頗る富む砂土
	7	L_s	180	10	0	0.01	0.04	0.76	8.66	14.52	17.42	58.59	58.60	4.0	0.89	1.04	0.97	0.89	1.04	0.97	1.84	47.25	1.00	1.72	淡青色	腐植を含む細埴土
	6	L_s	170	10	0	0.12	1.08	11.79	24.13	14.30	4.99	43.59	43.64	4.0	1.17	1.29	1.23	1.16	1.28	1.22	2.16	43.50	0.22	0.37	赤褐色	埴壌土
	5	L_s	160	10	0	0.06	0.08	0.12	4.10	6.80	19.69	69.15	69.20	4.0	0.75	0.88	0.82	0.75	0.88	0.82	2.35	60.50	2.22	3.83	暗青色	腐植を含む細埴土
	4	L_t	150	30	54.56	17.72	13.10	8.20	4.81	0.90	0.43	0.28	1.00	80.0	1.55	1.67	1.61	1.33	1.43	1.38	2.69	48.70	0.08	0.15	茶褐色	礫土
	3	L_s	120	40	0	0	0	0.02	2.18	5.80	32.90	59.10	59.10	1.0	0.71	0.91	0.81	0.71	0.91	0.81	1.84	55.90	2.29	3.95	暗青色	細埴土
	2	L_t	80	50	1.46	6.25	13.94	32.16	28.06	7.38	5.26	5.49	5.95	7.0	1.23	1.36	1.30	1.20	1.31	1.26	2.39	47.30	0.26	0.46	灰褐色	礫を含む砂土
	1	L_s	30	30	1.25	3.17	7.55	22.02	23.05	12.29	14.15	16.52	17.28	7.0	1.14	1.25	1.20	1.11	1.23	1.17	2.46	52.40	0.66	1.14	暗青色	腐植を含む砂壌土
B 断面	15	L_s	470	10	0	0	1.28	0.87	0.82	0.79	16.93	79.31	79.31	2.0	0.72	0.89	0.81	0.72	0.89	0.81	2.48	67.34	2.04	3.52	暗褐色	腐植を含む細埴土
	14	L_t	460	60	16.69	26.87	21.08	19.55	12.42	1.33	0.73	1.33	2.35	15.0	1.35	1.51	1.43	1.27	1.32	1.30	2.69	51.67	0.28	0.48	茶褐色	礫に頗る富む砂土
	13	L_s	400	15	0	0	0	0.02	1.52	2.54	35.38	60.54	60.54	1.0	0.68	0.83	0.76	0.68	0.83	0.76	2.63	71.10	2.50	4.30	淡青色	腐植を含む細埴土
	12	L_t	385	40	16.08	31.58	24.89	20.62	5.42	0.60	0.34	0.47	0.90	15.0	1.36	1.48	1.42	1.25	1.38	1.32	2.81	53.02	0.17	0.30	茶褐色	礫に頗る富む砂土
	11	L_s	345	5	0	0	0.40	0.86	3.12	4.46	22.72	68.44	68.44	2.0	0.70	0.88	0.79	0.70	0.88	0.79	2.59	69.50	2.26	3.89	淡青色	腐植を含む細埴土
	10	L_t	340	10	22.00	26.06	20.80	15.82	11.04	1.84	0.60	1.84	3.55	17.0	1.39	1.53	1.46	1.29	1.41	1.35	2.82	50.35	0.26	0.44	茶褐色	礫に頗る富む砂土
	9	L_s	330	10	0	0	0.22	0.32	5.06	9.72	34.68	50.00	50.00	2.0	0.74	0.91	0.83	0.74	0.91	0.83	2.84	70.80	2.35	4.05	青　色	腐植を含む細埴土
	8	L_t	320	30	8.58	31.30	28.72	19.27	7.18	1.95	0.66	2.34	3.90	8.0	1.30	1.42	1.36	1.28	1.38	1.33	2.99	55.50	0.23	0.39	褐　色	礫に頗る富む砂土
	7	L_s	290	10	0	0	0.02	0.14	0.42	0.92	24.48	74.02	74.02	2.0	0.71	0.89	0.80	0.71	0.89	0.80	2.51	68.10	2.08	3.58	青　色	腐植を含む細埴土
	6	L_t	280	70	21.70	31.30	20.54	15.53	6.16	1.65	0.63	2.49	5.30	12.0	1.36	1.40	1.38	1.30	1.42	1.36	2.73	50.10	0.33	0.57	黄褐色	礫土
	5	L_s	210	30	0	0	0.38	0.26	0.10	0.08	7.56	91.62	91.62	2.0	0.69	0.87	0.78	0.69	0.87	0.78	2.48	68.50	2.64	4.55	青　色	腐植を含む細埴土
	4	L_t	180	20	43.19	23.38	10.21	8.15	5.56	1.68	0.40	2.43	8.60	17.0	1.39	1.57	1.48	1.29	1.36	1.33	2.75	51.60	0.16	0.27	茶褐色	礫土
	3	L_s	160	40	0	0	0.02	0.90	12.76	16.36	30.16	39.80	39.80	2.0	0.82	0.96	0.89	0.82	0.96	0.89	2.67	66.70	1.90	3.27	暗青色	腐植を含む細埴壌土
	2	L_t	120	20	29.49	33.33	15.89	12.46	4.55	1.69	0.49	2.10	5.65	15.0	1.37	1.43	1.40	1.27	1.36	1.32	2.79	52.70	0.14	0.25	黄褐色	礫土
	1	L_s	100	100	0	0	0.02	0.06	0.24	0.60	19.46	79.62	79.62	2.0	0.69	0.90	0.80	0.69	0.90	6.80	2.76	71.00	1.99	3.43	暗青色	腐植を含む細埴土
C 断面	4	L_t	145	10	19.56	29.42	22.28	20.71	6.27	0.87	0.36	0.53	1.04	10.0	1.44	1.56	1.50	1.30	1.45	1.38	2.76	50.00	0.28	0.48	淡褐色	礫に頗る富む砂土
	3	L_s	135	35	0	0	0	0.1	0.32	2.44	29.08	68.06	68.06	1.0	0.79	0.89	0.84	0.79	0.89	0.84	2.69	68.77	2.46	4.24	淡青色	腐植を含む細埴土
	2	L_t	100	10	18.88	23.67	18.21	17.18	14.60	4.21	2.86	0.39	0.67	8.0	1.38	1.50	1.44	1.28	1.40	1.34	2.78	51.79	0.34	0.58	茶褐色	礫に頗る富む砂土
	1	L_s	90	90	0	0	0	0.26	0.72	1.70	23.36	73.96	73.96	1.0	0.81	1.03	0.92	0.81	1.03	0.92	2.75	66.54	2.66	4.59	暗青色	腐植を含む細埴土

註：粒径分析はA.S.K法，土性名は日本農学会法，有機物（炭素量，腐植量）定量はTURIN氏の酸化滴定法による．

3断面につき，旧池床上残存堆砂を各層毎採取して実験室に持帰り，堆砂の粒径分布，仮比重，真比重，孔隙率あるいは有機物（TURIN氏の酸化滴定法により炭素ならびに腐植量定量）などの分析をおこなつたが，その結果を示したのが第4表であり，各調査断面において互層をなしている浮流物質層（Ls 層）と掃流物質層（Lt 層）との理学性が自ら異なつていることが確認される．すなわちその粒径分布や一般的理学性をみると，Ls 層は大体粘土を多量に含む細埴土かこれに近似したところの腐植を含んだいわゆる腐泥であり，明らかに洪水時あるいは常時出水時において浮流や潜行密度流として運ばれた微細な浮流物質が，洪水後あるいは常時徐々に沈澱堆積した層であることが推察される．逆にLt 層は大体礫に頗る富む砂土あるいは礫土からなつており，腐植含量も極めて少く，洪水時掃流により池底に沿つて運搬堆積した層であることが容易に推察できる．

次に各調査残存堆砂の垂直断面につきその全浮流物質層理，全掃流物質層理および全断面に関して，その weight として各層の厚さを加味した全層理毎平均値を求めたのが第7図および第5表である．ここで第7図は堆砂の粒径分



第7図　φscaleによる累加頻度曲線

第5表　層理別理学性

層理別 ＼ 理学性 ＼ 断面別		層理厚さ h(cm)	原土 仮比重 粗密平均 S_{a1}	細土 仮比重 粗密平均 S_{a2}	細土 真比重 S_r	細土 孔隙率 P (%)	有機物含量 炭素量 C (%)	有機物含量 腐植量 Humus (%)	土性名
L_s（浮流物質層理平均）	A	180	0.99	0.98	2.07	52.11	1.37	2.37	腐植を含む埴壌土
	B	220	0.81	0.81	2.67	66.43	2.13	3.66	腐植を含む細埴土
	C	125	0.90	0.90	2.73	67.16	2.60	4.49	腐植を含む細埴土
L_t（掃流物質層理平均）	A	160	1.40	1.33	2.54	47.56	0.13	0.26	礫に頗る富む砂土
	B	250	1.41	1.33	2.77	48.04	0.25	0.43	礫土
	C	20	1.47	1.36	2.77	50.90	0.31	0.53	礫に頗る富む砂土
L_m（全層理平均）	A	340	1.18	1.15	2.29	49.97	0.79	1.38	壌土
	B	470	1.13	1.09	2.73	51.76	1.13	1.94	埴壌土
	C	145	0.93	0.96	2.74	64.92	2.29	3.95	腐植を含む細埴土

布を示すのにφscale[14]を用いたものである．すなわち WENTWORTH の粒径階級区分によると粒径 $d=2^{\phi}$（φ：指数）となつているが，粒径大なるものを graph の左方にとるため $d=2^{-\phi}$ としてこの対数をとり $\phi=-\log_2 d$ で表現したものである．また第7図の φscale による累加頻度曲線から粒径の中央値（$M_d\phi$ = medianφ），4分偏差（$Q_d\phi$ = quartile deviation），10分偏差（$P_d\phi$ = percentile deviation）を求め，分級度の比較をなしたのが第

第6表　分級度の比較

層理別＼事項・断面別		層理厚さ h(cm)	Max. of diameter $d_{max.}$ (mm)	Median of diameter $M_d\phi$	d_m(mm)	Quartile deviation of diameter $Q_d\phi$	d_q (mm)	Percentile deviation of diameter $P_d\phi$	d_p (mm)
L_s（浮流物質層理平均）	A	180	7.0	5.90	0.017	2.68	0.155	3.70	0.080
	B	220	2.0	7.60	0.0052	0.93	0.520	2.20	0.220
	C	125	1.0	7.65	0.005	0.83	0.560	1.93	0.260
L_t（掃流物質層理平均）	A	160	80.0	−0.45	23.000	1.40	0.380	3.05	0.120
	B	250	17.0	−1.00	2.000	1.03	0.690	2.08	0.240
	C	20	10.0	−0.80	1.800	1.15	0.450	1.98	0.250
L_m（全層理平均）	A	340	80.0	1.65	0.340	3.98	0.066	5.25	0.0265
	B	470	17.0	1.50	0.350	3.80	0.074	5.25	0.0265
	C	145	10.0	7.40	0.006	1.48	0.360	4.13	0.0580

註：$M_d\phi=M_{50}$，$Q_d\phi=\frac{Q_{75}-Q_{25}}{2}$，$P_d\phi=\frac{P_{90}-P_{10}}{2}$によるもの．
d_m，d_q，d_pはϕscaleから粒径dを求める片対数の表より求む．

6表である．これらによるとその性格も明瞭になり，その粒径分布をみると大体L_s層理では粗粒子より微粒子に向い漸増，ϕscaleによる累加頻度曲線はconvex typeを示し，L_t層理では大体逆に微粒子より粗粒子に向つて漸増して曲線はconcave typeなる傾向を示す．また各断面において仮比重，真比重はL_t層理がL_s層理より大であるが，孔隙率や有機物（細土中炭素および腐植量）は逆にL_s層理がL_t層理より大となり，結局その平均的土性は，L_s層理においてA断面で腐植を含む埴壌土，B，C断面で腐植を含む細埴土となり，L_t層理ではA，C断面で礫に頗る富む砂土，B断面で礫土となる．

また上下流断面の比較を行うと，L_sおよびL_t層理においてA→B→Cと下流側断面ほど最大径，中央値$M_d\phi$あるいは分級度を示す10分偏差$P_d\phi$などの値が小となり，天然の分級度がよく粒径分布が$M_d\phi$を中心により集中していることがいえる．また各L_s，L_t平均層理において下流側ほど真比重，孔隙率および有機物含量などが大なる傾向を示し，その各断面における全層理平均値をみると，下流側ほど粒子が小となり，仮比重はやや小となり，真比重，孔隙率あるいは有機物含量など大なる値を示し，結局平均土性はA断面で壌土，B断面で埴壌土，C断面で腐植を含む細埴土となる．

以上のように貯水池の背水附近より堰堤近くまでの間における流心部（主通水路）に沿つた堆砂断面では，大体礫に頗る富む砂土あるいは礫土からなる掃流物質層と，腐植を含んだ細埴土からなる浮流物質層が互層をなすところの顕著なる大型層理を形成する事実は，いわゆる山池的堆砂機構の特性といえるであろう．また今後古くからかんがい用貯水池として利用されている大小数多くの貯水池堆砂層理（特に層理の厚さ，粒径）の究明により，過去における洪水の時期や規模あるいは貯水池年令などの推定が可能となろう．

最後にこの調査では，主として貯水池の流心部に沿つた僅か上，中，下流3断面につき，その旧池床からの残存堆砂垂直断面約50cm巾から採取した試料につき分析検討を行つたものであり，なお数多くの貯水池を対象にした詳細な調査をまたなくては，貯水池堆砂層理の性格がつかめないと考えるが，顕著な山池的貯水池における堆砂の垂直分布を示す事例としては充分なものといえよう．

一般に人工貯水池における土砂の堆積は，わが国でも田中[13]が千頭貯水池において認めているように，自然三角州と同様に，Top-set beds（頂部堆積層），Fore-set beds（前面堆積層），Bottom-set beds（底部堆積層）あるいはDensity-current beds（密度流堆積層）なる3～4の順序で行われるものと考えられるが，なお人工貯水

池における堆砂分布は，その貯水池の形態，環境立地条件あるいは貯水池内位置などにより極めて複雑な様相を呈するものといえよう．この点神内上池の場合，その堰堤附近まで上下流位置による堆砂の性格異るとはいえ，砂礫層と腐泥層の互層をなす層理が顕著にあらわれたことは，その環境立地が河川最上流山間部において締切つたところの山池あるいは上池に相当することは勿論のこと，本調査が流心部に沿つた断面のみについて行つたこと，またその形態が峡谷を締切り窪み度大なる細長な形を呈しているためなどにも起因したものと考察される．その他各断面における大型層理中にみられた Ls ，Lt 層内の微層理あるいは洪水毎の浮流ならびに掃流物質層が互層を形成する状態などについては，当池に設置した特殊な沈澱箱による観測結果から後日検討してみたい．

Ⅳ 摘 要 結 言

かんがい用人工貯水池相からみた山池の堆砂著例として，神内上池における堆砂による埋没支配因子の解析ならびにその残存堆砂の垂直分布を調査して若干知りえた諸点を示すと次の通りである．

(1) 神内上池の堆砂埋没は，その危険性大なる発電用高堰堤に比較したら，比較的規模小でいわゆる緩慢型埋没貯水池に相当し，その残存堆砂あるいは実験式による概算などから，大正３年築造以来40年間に約10〜20％程度埋没していたものと推定されるが，香川県下に分布するかんがい用貯水池中では，堆砂による埋没危険性大なる貯水池と考察される．

(2) 人工的山池における流心部附近の堆砂断面には，背水位置から堰堤附近に至る間において，掃流物質層と浮流物質層が互層をなした大型の層理がみられ，なおその各層理中には微層理が見出された．

(3) 掃流物質層と浮流物質層の性格には，顕著なる差が認められ，掃流物質層は洪水時の掃流により池底に沿つて流送堆積し，浮流物質層は洪水時における浮流や潜行密度流として運ばれた微細な浮流物質が徐々に沈澱堆積したものであることが推定される．

(4) 掃流物質層は黄褐色，茶褐色乃至赤褐色を示したところの礫に頗る富む砂土か礫土であり，逆に浮流物質層は淡青色，青色及至暗青色を呈した腐植を含む埴壌土乃至細埴土からなるいわゆる腐泥である．

(5) 仮比重，真比重は掃流物質層が大であり，孔隙率，有機物含量（炭素量，腐植量）は逆に浮流物質層が大となる．

(6) 貯水池内堆砂上下流断面の比較を行うと，掃流ならびに浮流物質層とも下流側断面ほど一般に粒子が小となりその最大粒径，粒径中央値あるいは分級度を示す粒径10分偏差などが小さくなり，天然の分級度がよく粒径分布が中央値を中心により集中していることがいえる．また下流側ほど真比重，孔隙率および有機物含量大なる傾向がある．

最後にこの調査研究にあたり常に御指導をうけている本学前川教授ならびに堆砂試料の採取あるいは分析に協力された脇谷助手，多田，植村諸氏に深く感謝の意を表したい．

参 考 文 献

(1) 前川忠夫：香川県の溜池について，香川農大学術報告，6(3)，273〜282 (1955)．

(2) 前川忠夫：野池の池相について，農業土木学会講演要旨，64 (1956)．

(3) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究(貯水池の規模及び形態について)，農業土木学会中四国支部研究報告(9)，47〜56 (1956)．

(4) 吉良八郎：貯水池の堆砂に関する研究(1)，香川農大学術報告，7(1)，15〜26 (1955)．

(5) 香川県農地部：四ヵ池用水改良事業計画書，(1952)．

(6) 秋葉満寿次：香川県神内上池流出率調査(予報)，(1954)．

(7) 川村秋男，芳野省三：土壌の理学性と侵蝕度について，土壌侵蝕研究集録(1)，111〜118 (1951)．

(8) 斎藤実，中山一義，日笠正次：花崗岩及び安山岩質土壌の理学性について，香川農大学術報告，7 (1)，105〜110 (1955)．

(9) Cooper, A. J., Snyder, W. M.: Evaluating effects land-use chages on sediment load, *Proc. A. S. C. E.*, **82** (HY－1)，883 (1956)．

(10) 吉良八郎：土壌保全を対象とした危険降雨に関する研究(2)，農及園.，31(6)，851〜852 (1956)．

(11) 吉良八郎：果樹園の土壌保全に関する研究（Ⅵ），

農業土木研究，**24**(2)，36〜40（1956）.

(12) 吉良八郎：果樹園の土壌保全に関する研究（Ⅶ），農業土木研究，**24**(4)，47〜51（1956）.

(13) 田中治雄，松島三晃：千頭貯水池に於ける底質について（概報），電力中央研究所土木部報告，1〜53（1953）.

(14) 市川正巳：山地災害の調査と実験（下），科学の実験，**7**(6)，66〜73（1956）.

(15) 吉村信吉：湖沼学，273〜279，三省堂（1942）.

(16) 玉置鷹彦，星川玄児：池泥の研究（Ⅰ〜Ⅲ），香川農大学術報告，5(2)，181〜189（1953），6(2)，222〜226（1954）.

Résumé

The author shows in this paper investigations and experiments on the vertical distribution of sediments in reservoir Jinnaikami in order to study the problems of sedimentation constructing artifical reservoirs.

The results are summarized as follows:

(1) In the mountain reservoir, constructing artificial reservoirs, the stratifications is acknowledged concerning the vertical distribution of sediments due to its tractional-load and suspended-load by flood its center line part of stream during dam from backwater.

Generally speaking the tractional-load layer (Lt) in these stratifications was the sands or gravels has a tinge of brown, but suspended-load layer (Ls) was the fine clay has a tinge of blue which contains humus.

(2) The mean values of size of grains (the max., mediam and percentile deviation diameter), apparent specific gravity and real specific gravity of tractional-load layer were larger than those of suspended-load layer and porosity and organic matter contents (the percentage of carbon and humus) smaller.

(3) In the tractional-load layer and suspended-load layer the real specific gravity, porosity, percentage of carbon and humus of downstream side sediments were larger than those of the upper stream side one and the size of grains (the max., median and percentile deviation diameter) smaller.

かんがい用貯水池の堆砂に関する研究
Ⅳ　奥の堂池における堆砂の層理について

吉　良　八　郎

Studies on the sedimentation of irrigational reservoirs
Ⅳ　On the stratification of sediments in reservoir Okunodō

Hachiro KIRA (Laboratory of Agricultural Engineering)
(Received August 13, 1956)

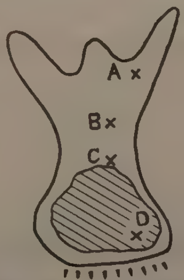
Ⅰ　緒　　言

筆者はかんがい用貯水池における堆砂埋没機構究明の１端として，現存貯水池における堆砂分布状態を把握する目的で，主として堆砂の垂直分布調査を進めている．今回は本学前川教授[1]が研究対象とされている奥の堂池を研究材料となし，昭和30年10月減水期に主として堆砂の垂直分布につき調査実験をおこない，前報[2]神内上池（山池）に続き，既設人工湖として2,3の性格を究明しえたので，麓池Hill-side reservoir[3]（山麓の小渓流または丘陵地の窪地を締切るもの）堆砂分布の１例として報告したい．

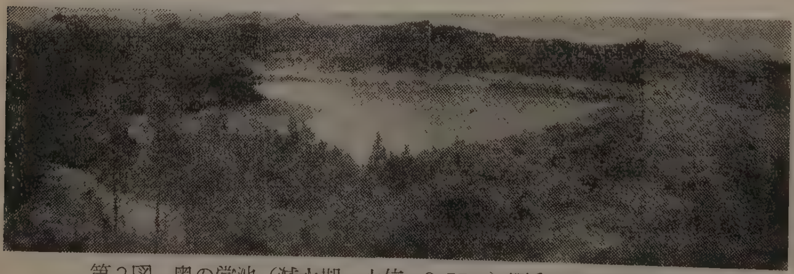
Ⅱ　奥の堂池に見出された堆砂層理

奥の堂池に関する概要は前川教授の報告[1]に詳述してあるように，香川県木田郡三木町田中，新川上流の小渓流を締切つたところのむしろ山池に近い麓池である．その内容をみると流域面積80ha，貯水池満水面積8haで流域面積の$\frac{1}{10}$，現最大水深7.6m，堤高11m，堤長145mの土堰堤である．その貯水能力は直接流域のみでは足らず豊水期において間接流域からの導水をうけて貯水し，約45haにわたるかんがいをおこなつている．また流域地質は神内上池とおなじく第４期新層の花崗岩であり，標高最高約270m，最低約60mで高差約210mである．

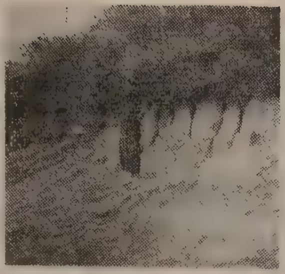
この貯水池の現在堆砂状況をみると，第１，2図のように試料採取当時水位が満水位から約2.55m減水すると水面積は半減して上流側に緩勾配の堆砂面が露出しており，これはデルタ堆積物が前進して堆砂による埋没が進展しつつあることを示すものである．しかし築造は約300年前であるとされ，わが国発電用高堰堤[4]（ほとんど貯水池年令40年以下）が，長短はあるとはいえその平均値において約50〜60年で埋没すると推定されるのに比し，小規模ながらいまなお約45haに対しかんがい用水を補給している事実は，先ず流域面積に対する満水面積の比率$\left(\frac{1}{10}\right)$，直接流域面積に対する貯水容量の比すなわち承水係数fa，あるいは流入水量に対する貯水容量の比率すなわち貯水率 R_C などが大であり，したがつて平均年堆砂率$R_{S.mean}$あるいはその埋没速度が小であり，埋没危険性の比較的小なる貯水池であることを物語るだろう．



第１図　奥の堂池畧図（斜線部堆砂採取時の水面）


第２図　奥の堂池（減水期，水位−2.55m）昭和30年10月５日

また堆砂の大部分は流入小渓流により運積されたようであるが，その他池岸における波浪や降雨流去水による池岸浸蝕の結果によるものも認められ，下流側池岸附近の堆砂に粗大砂礫が存在していた．（第3,4図参照）


第3図　池岸浸蝕（波浪，降雨流去水によるもの）

第4図　堰堤内法浸蝕（減水期降雨によるもの）

堆砂の垂直分布調査は昭和30年10月5日減水期（満水面下2.55m）に上流側の露出3断面について，堆砂表面から約20〜100cm厚さの範囲につきおこなつた．その位置は第1図に示す池底流心に沿つたA,B,C 3点であり，なおD点なるDensity-current bedsの表面池泥はEKMAN-BERGE採泥器により採泥した．

流心部に沿つた露出3断面につき大観的に垂直分布をみると，前報[2]神内上池の場合とおなじように露出したデルタ先端附近まで掃流物質層Tractional-load layerと浮流物質層Suspended-load layerが互層をなしたところのいわゆる堆砂層理Stratificationが見出された．

いまその各断面において層理毎採取した堆砂試料の分析結果を示すと第1表のように，各断面におけるL_s層（浮

第1表　堆砂の理学的性質（1955年10月5日採取）

断面	層理 No.	符号	堆砂表面からの厚さ (cm)	層理厚さ (cm)	粒径分布 礫 4mm以上 (%)	礫 4〜2mm (%)	粗砂 2〜1mm (%)	砂 1〜0.5mm (%)	砂 0.5〜0.25mm (%)	細砂 0.25〜0.05mm (%)	微砂 0.05〜0.01mm (%)	粘土 0.01mm以下 (%)	細土中粘土分 (%)
A断面	1	L_t	20	20	30.72	22.84	18.18	14.63	7.24	1.60	1.35	3.44	7.40
	2	L_s	30	10	0	0	2.66	3.56	14.56	11.76	31.84	35.62	35.62
	3	L_t	40	10	1.06	14.21	14.53	28.60	26.99	6.95	4.78	2.88	3.40
	4	L_s	45	5	0	0	3.76	8.72	9.22	8.66	33.44	36.20	36.20
	5	L_t	90	45	4.80	7.10	16.34	33.21	21.54	5.51	4.36	7.14	8.10
	6	L_s	（No.6層以下は調査できず）										
B断面	1	L_t	15	15	3.70	18.93	23.75	27.66	17.10	2.56	2.01	4.29	5.55
	2	L_s	20	5	0	0	8.46	10.68	7.88	2.38	13.94	56.66	56.66
	3	L_t	（No.3層以下は調査できず）										
C断面	1	L_s	15	15	0	0	3.88	5.30	6.64	2.34	26.98	54.86	54.86
	2	L_t	45	30	40.32	21.34	13.40	10.83	8.13	0.75	1.82	3.41	8.90
	3	L_s	50	5	0	0	0.26	1.10	3.58	3.90	38.58	52.58	52.58
	4	L_t	75	25	50.23	17.37	12.45	10.29	5.96	0.75	0.34	2.61	8.05
	5	L_s	（No.5層以下は調査できず）										

分級度 粒径最大値 (mm)	粒径中央値 Md ∅*	粒径中央値 d (mm)	粒径4分偏差 Pd ∅*	粒径4分偏差 d (mm)	原土 仮比重, Sa 粗	原土 仮比重, Sa 密	原土 仮比重, Sa 平均	細土 仮比重, Sa 粗	細土 仮比重, Sa 密	細土 仮比重, Sa 平均	真比重 Sr	孔隙率 P (%)	有機物含量** C (%)	有機物含量** Humus (%)	色	土性名
15.0	−1.10	2.200	2.40	0.190	1.45	1.60	1.53	1.40	1.57	1.49	2.76	46.01	0.20	0.35	黄褐色	礫土
2.0	5.65	0.020	3.25	0.105	0.87	1.06	0.97	0.87	1.06	0.97	2.54	61.81	1.09	1.88	暗青色	壌土
6.0	0.70	0.610	2.35	0.195	1.40	1.55	1.48	1.36	1.47	1.42	2.72	47.79	0.20	0.34	茶褐色	礫に富む砂土
2.0	5.80	0.017	3.55	0.088	0.84	1.02	0.83	0.84	1.02	0.83	2.39	65.27	1.37	2.36	暗青色	腐植を含む壌土
11.0	0.65	0.650	3.25	0.105	1.29	1.47	1.38	1.28	1.44	1.36	2.59	47.49	0.26	0.45	茶褐色	礫に富む砂土
9.0	0.10	0.950	2.03	0.240	1.37	1.50	1.44	1.35	1.49	1.42	2.74	48.17	0.21	0.36	茶褐色	礫に富む砂土
2.0	7.10	0.0075	3.90	0.070	0.92	1.14	1.03	0.92	1.14	1.03	2.44	57.78	0.86	1.48	灰青色	埴土
2.0	7.10	0.0075	3.40	0.100	0.90	1.22	1.06	0.90	1.22	1.06	2.39	55.63	1.03	1.77	暗青色	埴土
32.0	−1.55	2.500	2.90	0.135	1.46	1.57	1.52	1.27	1.44	1.36	2.72	50.00	0.21	0.36	褐色	礫土
2.0	7.00	0.008	1.88	0.270	0.69	0.89	0.79	0.69	0.89	0.79	2.23	64.59	1.40	2.42	暗青色	腐植を含む細埴土
31.0	−2.00	4.000	2.65	0.160	1.44	1.63	1.54	1.24	1.37	1.31	2.46	46.75	0.22	0.38	暗褐色	礫土

〔註〕 *：∅ scaleによる累加頻度曲線から求む（$\varnothing = -\log_2 d$），**：TURIN氏の酸化滴定法により求めた，C（炭素量），Humus（腐植量），
土性名は日本農学会法による．　符号L_sは浮流物質層，L_tは掃流物質層を示す．

流物質層）とL_t層（掃流物質層）の理学的性質が自ら異なつていることが明らかに認められる．すなわち当麓池においても山池なる神内上池に類似して，そのL_s層は大体粘土分を多量に含むところの青色を呈した腐植を含む壌土乃至埴土からなる腐泥であり，洪水時浮流や潜行密度流により運ばれた微細粒子が徐々に沈澱堆積したものと考えられ，L_t層は大体褐色を呈したところの礫に富む砂土あるいは礫土からなつており，洪水時の掃流により運搬堆積した層であると考察される．

両層の性格をみると，一般に粒子の大きさ（たとえば粒子の最大径，中央値および4分偏差など）や仮比重，真比重などは掃流物質層の方が大であり，孔隙率や有機物含量（炭素量，腐植量）などは浮流物質層の方が大であつた．

以上のように山池に近い麓池においても，その上流デルタ堆積物中に掃流物質層と浮流物質層が互層をなす明瞭な縞すなわち堆砂層理がみられたが，湛水のため調査できなかつた下流側堆砂断面においても同様な層理が形成されているであろうことが推察される．

なお堰堤近くのD_{1-3}点における表面腐泥については，前川教授[1]が水位，水温および透明度などについて研究材料とされた同一水系内における環境別貯水池，すなわち山池（城池），麓池（当奥の堂池および男井間池）および野池（平田池）などについて，その堰堤附近に主として密度流により沈澱堆積したと考えられるいわゆるDensity current beds[5]なる腐泥の特性解析をおこない，密度流問題に関して興味ある性格を明らかにしたが，次回まとめて報告したい．

Ⅲ 摘 要 結 言

かんがい用貯水池相からみた麓池の堆砂の1例として，前報山池（神内上池）に次いで奥の堂池における堆砂の垂直分布を調査して若干知りえた諸点を示すと次の通りである．

(1) 人工的麓池に相当する奥の堂池の流心部附近の堆砂断面には，上流背水附近から中流附近までに至る間において掃流物質層と浮流物質層が互層をなす層理が見出された．

(2) 掃流物質層と浮流物質層の性格には，山池（神内上池）の場合と同じように顕著なる差が認められ，掃流物質層は洪水時の掃流により砂礫が運搬堆積され，浮流物質層は溷濁密度流や浮流による微細粒子が徐々に沈澱堆積したものであることが推定される．

(3) 掃流物質層は褐色を呈したところの礫に富む砂土か礫土であり，逆に浮流物質層は腐植や亜酸化鉄の存在により青色をおびたところの腐植を含む壌土乃至埴土からなる腐泥である．

(4) 一般に粒子の大きさ（粒径最大値，中央値および4分偏差など）や仮比重，真比重などは掃流物質層が大であり，孔隙率，有機物含量（炭素および腐植量）などは浮流物質層が大である．

最後にこの研究調査にあたり常に御指導をうけている本学前川教授ならびに堆砂分析に協力された中西氏に深く感謝の意を表したい．

参 考 文 献

(1) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究（水位，水温および透明度について），香川大学農学部学術報告，8 (1),44(1956).

(2) 吉良八郎：かんがい用貯水池の堆砂に関する研究（Ⅲ），神内上池における堆砂の層理について，香川大学農学部学術報告，8 (1),65(1956).

(3) 前川忠夫：かんがい用貯水池相に関する研究（序報），香川大学農学部学術報告，8 (1),25(1956).

(4) 吉良八郎：貯水池の堆砂に関する研究（Ⅰ）貯水池堆砂率の一算定法，香川農大学術報告，7 (1)，15〜26（1955).

(5) 吉良八郎：貯水池における密度流の問題，土地改良，7 (1).

Résumé

The author shows in this paper investigations and experiments on the vertical distribution of sediments in reservoir Okunodō in order to study the problems of sedimentation in constructing

artificial reservoirs.

The results are summarized as follows:

(1) In the hill-side reservoir, constructing artificial reservoirs, the stratifications is acknowledged concerning the vertical distribution of sediments due to its tractional-load and suspended-load by flood its center line part of during mid-stream from upper-stream.

Generally speaking the tractional-load layer (L_t) in these stratifications was the sands or gravels has a tinge of brown, but suspended-load layer (L_s) was the loam or clay has a tinge blue which contains humus.

(2) The values of size of grains (the max., median and percentile deviation diameter), apparent specific gravity and real specific gravity of tractional-load layer were lager than those of suspended-load layer and porosity and organic matter contents (the percentage of C and humus) smaller.

水理模型実験報告

Ⅲ　満濃池余水吐について

前川　忠夫，吉良　八郎，脇谷　　武

The report of hydraulic model tests　Ⅲ On the spillway of Mannō Reservoir

Tadao Maekawa, Hachirō Kira and Takeshi Wakiya (Laboratory of Agricultural Engineering)

(Received August 13, 1956)

Ⅰ　まえがき

この実験は香川県の委託により，本学構内水理実験施設[1]において満濃池の新設余水吐について行つたものである．第1次実験は1954年8月実験企画以来4ヶ月間，第2次実験は1955年9月以降5ヶ月間にわたる検討と再度の修正を経て1956年1月にその最終案を得た．本報告はこの間に県当局に報告した第Ⅰ報[7]，第Ⅱ報[8]に示した実験結果および其の后の二三の修正実験の結果の概要をまとめたものである．

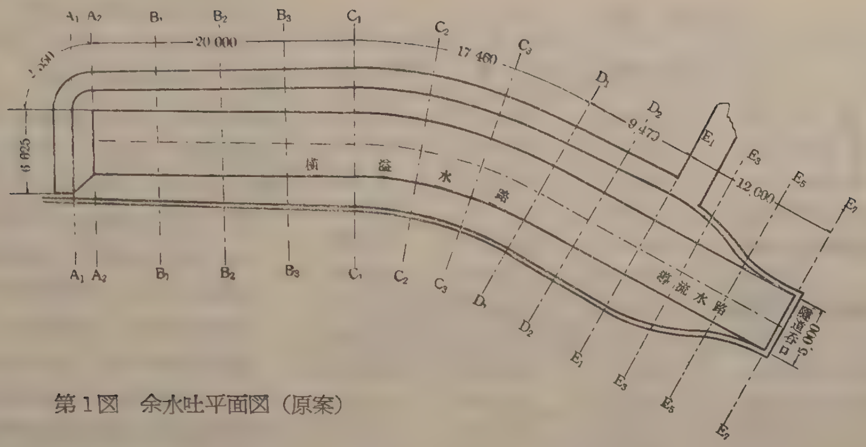
満濃池は県下最大規模のかんがい用貯水池であり，その沿革は古く弘法大師の名と共に全国的にも著名である．築堤以来幾度かの欠潰，復旧，改修，嵩上などの工事を行つて来たことは史実に明らかであるがさらに昭和16年以来殆んど新設に近い築堤工事を行いその結果，堤高6mを増高して32.03m，貯水量は従来の約2倍の1540万m^3，満水面積は104haから138.5haにそれぞれ増大された．この工事に伴い従来の延長29mの開渠式余水吐を改変してこゝに新設余水吐の計画がなされ，その設計原案が与えられたわけである．

新設余水吐は堰堤附近の地形から堤高増大のために開渠式余水吐は困難であり余水吐溢流水は隧道を経て下流河川に放流される型式を採用しているので，排水能力の判定は貯水池安定上開渠式に比してとくに重大視されなければならない．こゝにその設計について実験的にその排水能力の限界，水理並に工事費の節減からみたる修正点の有無を検討せんとしたものである．

Ⅱ　第1次実験

(A)　設計により与えられた資料

計画洪水量Q＝110m^3/sec，同溢流水深＝1.0mとされ，この値は過去35ヶ年間の実測雨量（最大日雨量342mm）より確率計算により200年に1回起生すると考えられる最大日雨量400mmを求めこれを基礎として算定された洪水量である．異常洪水量Q＝151m^3/sec，同溢流水深＝1.235mの値は計画洪水量と同様1000年に1回起生すると考えられる最大日雨量525mmを求めこれを基礎として算定された洪水量である．余水吐の位置は堰堤右岸の地山部をえらび，延長56.114mの溢流堰と44.467mの横溢水路を有する側溝式余水吐で続いて12mの導流水路を経て延長86.35mの隧道に流入排除されるよう設計されている．溢流部は上流端で約7m直角に屈折し更に中央部で約30°彎曲し，それに伴い横溢水路も同様彎曲して導流水路に至る．導流水路の側法は上流端で横溢水路と同様に両側法とも5分法であるが漸次法勾配を急に変化し，下流端（隧道呑口）に至つて鉛直法となる．隧道は底巾5m，高さ5.5mの矩形半円拱の断面で勾配1:100直線である．なお隧道部の岩質は良好なる花崗岩である．隧道吐口は良好なる花崗岩が不規則に露出せる急勾配の断崖で約20m落下し河底に放流される．余水吐関係各部の相対標高は余水吐溢流堰頂（満水面）を0とすれば，満水面上余裕高は＋3m，異常洪水位＋1.235m，計画洪水位＋1.0m，隧道呑口底−7.5m，隧道吐口底−8.363m，放水河底−28.0mとなつている．（第1，2図および第2，3表参照）



第1図　余水吐平面図 (原案)

第 2 図
原案模型 (第1次実験)

(B) 相似律

この模型実験においては余水吐の流れの水理的性状は重力の影響が著しい場合として，Froude の領域にあるものと考え，原型に対する模型の縮尺比としては本学実験施設の実験可能流量および模型据付面積から 1:25を採用した．この種の実験で縮尺比 1:25は理論的にみて原型と模型との相似性は信頼し得るものと考えられる．縮尺比 1:25の場合の原型と模型との相似律および設計資料の主要事項の寸法比は第1，2，3表の通りである．(1.3.4)

粗度については設計で n= 0.017 を採用しているが模型の粗度はn= 0.011程度とみなし得るので相似律からみて大体適当である．(1.6)

第1表　原型と模型の相似律(縮尺比 1:25)

事項	符号 原型	符号 模型	原型	模型	原型	模型
長さ	L	l	1	25^{-1}	25	1
面積	A	a	1	25^{-2}	625	1
体積	M	m	1	25^{-3}	15,625	1
流速	V	v	1	$25^{0.5}$	5	1
流量	Q	q	1	$25^{-2.5}$	3,125	1
時間	T	t	1	$25^{-0.5}$	5	1
勾配	I	i	I	1	1	1
粗度	N	n	1	$25^{-1/6}$	1.721	1

第2表　原型と模型の寸法(縮尺比 1:25)

事項	原型	模型
計画洪水量	110.0 m^3/sec	35.2 l/sec
同上溢流水深	1.0 m	0.040 m
異常洪水量	151.0 m^3/sec	48.32 l/sec
同上溢流水深	1.235 m	0.049 m
余水吐溢流堰延長	56.114 m	2.244 m
横溢水路		
底巾	5.0 m	0.200 m
底勾配	1 : 27	1 : 27
深 上流部	3.25 m	0.130 m
下流部	4.897 m	0.195 m
側法	1 : 0.5	1: 0.5
延長(中心線)	44.467 m	1.778 m
導流水路		
底巾	5.0 m	0.20
底勾配		
深 上流部	4.897 m	0.195 m
下流部	7.50 m	0.300 m
側法	1:0.5～垂直	1 : 0.5～垂直
延長(中心線)	12.0	0.480 m
隧道		
断面高	5.0	0.200 m
延長	86.35	3.454 m
勾配	1 : 100	1 :100
粗度係数	0.017	0.00987

第3表　高　　差

事　　項	設計標高	原　型	模　型
堰堤天端	149.000	+3.000	+0.120
異常洪水位	147.235	+1.235	+0.049
計画洪水位	147.000	+1.000	+0.040
余水吐溢流堰長	146.000	0.	0.
横溢水路底上流端	142.750	−3.250	−0.130
〃　下流端	141.103	−4.897	−0.196
隧道導流水路上流端	141.103	−4.897	−0.196
〃　下流端	138.500	−7.500	−0.300
隧道呑口底	138.500	−7.500	−0.300
隧道吐口底	137.637	−8.363	−0.335
放水河床底	118.000	−28.000	−1.120

（C） 模型の製作と据付

余水吐構造の主要部分は板材および角材を用いて所定断面を作成し，この表面に亜鉛板を張り，さらに細部はパテー，ゴム粘土等を用いて整型し，表面に数回ペンキを塗り仕上げた．隧道部は亜鉛板を用いて作成し，隧道の上縁に沿い巾3 cm，長さ7 cmの孔を多数設けて内部の流況を観測し得るようにし，満流の場合はビニール，ゴム粘土等をもつて閉鎖することとした．

模型の据付にはコンクリートブロックを用いて水深約0.7m，水面積は約9 m²の貯水池を形成して溢流堰を固定し，所定の勾配で隧道を据付け，貯水の漏水防止にはビニール膜，ゴム粘土，アスファルト，ペンキ等を併用した．接近流速はスクリーンを重ねて量水堰よりの落下水勢を押えたためほとんど認められなかつた．

（D） 実験方法および順序

原設計によつて与えられた洪水量と余水吐構造との関連における問題は，

(1) 設計余水吐は与えられた洪水量を排除し得る能力ありや否や．

(2) 能力ある場合部分的にみて，水理学的に修正すべき点がありや否や．

(3) 工事費節減上からみて，修正すべき点がありや否や．の3点に要約される．

観測すべき主要部分は(1)貯水池水位上昇，(2)横溢水路の各断面における水深，流速，流向などの流況，(3)導流水路の各断面における水深，流速，流向などの流況，(4)隧道の各断面における流況，(5)隧道からの放流水脈，その他特異の流況を示す部分について行う．また観測流量は第4表のように7.97m³/secから始めて，原案および修正案の限界洪水量におよんだ．観測器具として水位および水深測定には水面測定器（1/10mm読み），流速測定には小型ピトー管を用いた．また適宜要点の写真撮影を行つた．

第4表　観測流量

水　位（量水矩形堰）	実験流量	原型流量	備　　考
cm	l/sec	m³/sec	
2	2.55	7.97	
4	7.10	22.18	
6	12.93	40.39	
8	19.64	61.36	
10	27.39	85.32	
11	31.38	98.03	
11.8	35.19	110.00	計画洪水量
13	40.39	126.21	
14	43.87	137.08	
14.8	46.91	146.58	原案限界洪水量
15	48.31	151.00	異常洪水量 修正a案限界洪水量
15.3	49.79	155.60	修正b案限界洪水量

（E） 実験観測および検討修正

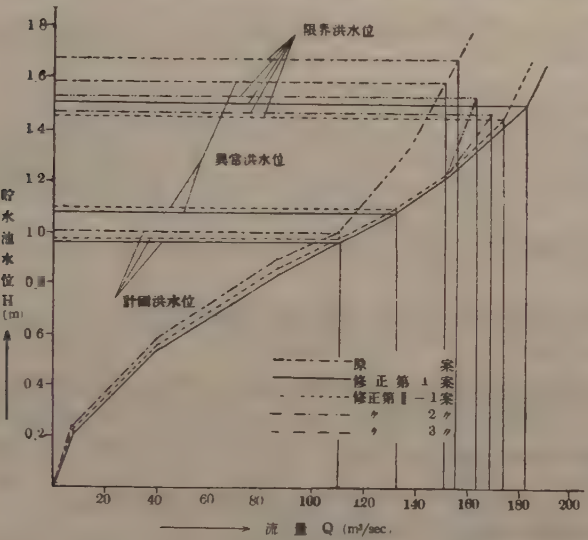
(1) 原設計について

a． 貯水池の水位は流量の増加につれて漸次上昇するが20m³/sec附近までの流量小なる時はかなり急勾配で上昇するも，以后110 m³/secまでの間は上昇度緩で，さらに流量が増加すると水位上昇はかえつて急勾配となり，146.58m³/secに至つて貯水池水位は急昇し排水能力の限界に達する．（第3図および附表参照）

b． 横溢水路の流況は上流部で90〜100m³/sec，下流部で100〜130m³/sec附近までの流量に対して完全溢流を示す．とくに上流部において計画洪水量110m³/secは不完全溢流の範囲にあり断面の不足が認められる．なお上流部の断面で溢流堰屈折の影響をうけ縦横流の衝突のためwater jet の現象をおこし，流況が複雑に乱れるも小流量の

第3図附表

	Q	m^3/sec	7.97	40.39	85.32	110.00	132.00	151.00	155.60	163.07	168.70	175.57	183.79
H (m)	原	型	0.24	0.58	0.88	1.02	—	1.59	1.68	—	—	—	—
	修正第Ⅰ案		0.21	0.54	0.82	0.96	1.08	1.21	—	—	—	—	1.51
	修正第Ⅱ—1案		0.22	0.56	0.85	0.97	1.09	1.22	—	—	—	1.46	—
	修正第Ⅱ—2案		—	—	—	—	—	—	—	—	1.47	—	—
	修正第Ⅱ—3案		—	—	—	—	—	—	—	1.54	—	—	—
備	考					計画洪水量	修正第Ⅰ第Ⅱ案異常洪水量	原案異常洪水量	原案限界洪水量	修正第Ⅱ—3案限界洪水量	修正第Ⅱ—2案限界洪水量	修正第Ⅱ—1案限界洪水量	修正第1案限界洪水量



第3図　貯水池水位変化（H—Q曲線）

場合を除けば大なる支障は認められない．

c．導流水路の上流部断面（E_1～E_3 sect.）は横溢水路の流況の影響をうけ流量が大なる場合水面に移動波がおこる．中央部断面（E_4, E_5 sect.）は横溢水路よりの彎曲流のため左側にわずかの水位の高まりが現れるも，平面的にみれば流線は隧道流入の影響により中央にしぼられる水束が明瞭である．末端部附近（E_6, E_7, sect.）の内水位はやはりわずかに左側に高まり右側にしぼられる傾向があり，流量大なる場合は両側においてラセン流がみられる．全般的にみて導流水路中の流況は内水位の変化が著しくなく断面にも充分の余裕を残し概して流況は正調である．（第4図参照）

d．隧道呑口の流況は大部分の流量に対しては正調であるが140m^3/sec附近に至ると水深約3.5mでなお約1.5mの空間を残しているが水面に大きい動揺があると瞬時にして呑口を閉塞し，通水能力を減退して貯水池水位が刻々上昇して危険におちいる．この呑口閉塞現象が自然におこる限界流量は146.58m^3/secである．隧道の他の部分の流況は一般に正調で中央部概して流速小さく，吐口において流速大の傾向がある．断面には相当の余裕空間を残す．

e．隧道からの放流水は自由落下せず岩盤上に沿つて流下し，岩盤の凹凸は減勢工的作用をなして瀑流する．

以上の流況から原設計余水吐は計画洪水量110m^3/secが横溢水路溢流堰上流部において不完全溢流を示し，正常なる排除能力からみるとはるかにその限界点を越えていることを認めた．この排水能力を決定づけるpoint は隧道呑口部の閉塞現象によつて左右され限界流量は146.58m^3/secであり，安全限界流量は140m^3/sec附近にある．

第4図
原案計画洪水量
$Q=110m^3/sec$
（第1次実験）

(2)　原設計検討による修正案

隧道呑口部の閉塞現象が排水能力を左右するからこの部分の断面を次のように拡大修正した．即ち原案では底巾5m，高さ2.5m，の矩形断面の上部にさらに高さ2.5mの半円拱を重ねたものであるがこれを修正a案では矩形部分の高さを3mに拡大全高5.5mとし，下流12.5mの間で断面を漸縮し原案の隧道に連結した．さらに修正b案では高さを矩形部分で3.5m全高6mとし，

下流15mの間で断面を漸縮し原案の隧道に連結した.

(3) 修正案実験検討の摘要

修正a案および b 案の実験観測結果の詳細は省略するが実験検討の結果は次の通りである.

a. 原案の場合の限界流量146.58m³/secは修正a案で 151m³/sec (異常洪水量と一致) に増加, さらに修正 b 案では155.6m³/secに増加することを認めた. 以上三つの場合の安全限界流量はそれぞれ 140m³/sec, 145m³/sec, 150m³/sec附近にあり呑口高0.5mの増高に対して約5m³/secの割合で増大する.

b. 原案では実験不可能であつた異常洪水量151m³/secの流況を実験し得た. その結果貯水池水位上昇は1.585mで設計値1.235mに比して0.35m大となつた.

c. 隧道呑口部の修正によつて呑口閉塞現象を防止すれば隧道の原案断面は155m³/sec附近までは通水可能であることが認められる.

d. 異常洪水量151m³/secの通水を対称とすれば隧道呑口高を原案より1m増高し6mとすれば足りる.

(F) 第1次実験の結論

以上原案の流況から排水能力限界を検討し, それにもとづいて改変したる修正案についてさらに流況を観測検討した結果を摘記すると,

1. 原案余水吐の排水能力限界は146.58m³/secであり, 排水能力を左右するpointは隧道の呑口部にある.

2. 隧道呑口部断面を修正して, 高さ5.5mにすることによつて限界流量は151m³/secになり, さらに6mにすれば155.6m³/secに増大する. これらの限界流量は隧道呑口閉塞による危険の限界点にあり, 従つて安全限界流量はそれより小さくそれぞれ140m³/sec, 145m³/sec, 150m³/sec附近にあることを認めた.

3. 計画洪水量110m³/secは原案でも安全流量の範囲内にあるが, 異常洪水量151m³/secは修正b案によつてようやく安全流量の限界附近に至る.

4. 計画洪水量の場合の貯水池水位上昇は1.015mで設計値1mと大差はないが異常洪水量151m³/secの場合は1.585mで設計値1.235mに比して0.35m大となる.

5. 溢流堰の完全溢流限界は大部分の断面で90〜100m³/sec附近にあり計画洪水量110m³/secの場合すでに不完全溢流となる.

6. 横溢水路の対壁をこえる水位の限界流量は137m³/sec附近からである.

7. 隧道の通水限界流量は呑口部を除けば155m³/sec附近まで free flow として安全と認められる.

8. 流速は隧道呑口附近において最も大きく現われ, 大体10m³/sec程度である.

9. 隧道吐口よりの放流水は現地地盤に沿つて瀑流する.

10. 以上の実験結果から原設計余水吐に対して修正の必要があると考えられる点は次の通りである.

a. 溢流堰流の完全化と横溢水路の内水位の低下, さらに対壁の溢水防止を併せ行うため横溢水路の断面拡大が必要である.

b. 導流水路内の流速を減少せしめ隧道呑口部の流入を正調化するため底勾配の緩和が望ましい. この修正は前項横溢水路断面の拡大と関連せしめることが必要である.

c. 隧道呑口部の断面拡大は絶対に必要である. 修正実験の拡大は修正の一方法にすぎず上流部の修正と関連せしめ隧道底巾の拡大も一つの方法であろう.

d. 上流部修正により流速が減退すれば隧道内水位もそれに伴つて上昇するから隧道断面の拡大修正が必要となる.

Ⅲ 第 2 次 実 験

(A) 要 旨

第1次実験の結果により原設計余水吐は計画洪水量110m³/secの通水は完全であるが, 通水能力の pointとなる隧道呑口部の修正によつても安全限界流量は150m³/sec附近であり, 異常洪水量151m³/secは正常なる排水能力の限界を越え甚だ危険な状態にあることを認めた. その結果にもとづいて原設計は全面的に変更する方針がとられ, その修正設計について再び実験検討したものが本実験である. 第1次実験の結果から構造上不備と考えられた横溢水路の断面拡大,隧道呑口部の断面拡大,隧道断面の拡大などが設計変更のおもな点である. したがつて本実験では排水能力の点でかなり安全になつたものと考えられるので, むしろ水理学的に構造上不備の点を検討し, その修正に

よつて同一の排水量に対しより安全なる構造と工事費の節減を計らんとすることにその目標をおいた．なお隧道吐口からの放流水脈についてはほとんど第1次実験と変りないのでその詳細検討は省略した．なお実験設備，相似律，縮尺比（$1/25$），模型製作，据付要領などは第1次実験と同一なる故省略する．

（B） 原設計と修正設計との相異点．

計画洪水量は両設計共に過去35ヶ年間の実測雨量より確率計算により200年に1回起生すると考えられる最大日雨量400mmを求めこれを基準として求めた110m^3/secであるが，異常洪水量は原案151m^3/secに対して修正案では132m^3/secに減じている．この原案の151m^3/secは計画洪水量と同様1000年に1回起生する最大日雨量525mmを求めてこれを基礎として算定した値であり，修正案の132m^3/secは計画洪水量110m^3/secの2割増としたものである．余水吐溢流堰長は原案56.114mより3.899m延長され修正案設計図では60.013mになつている．なお計算書では55mとなつているので修正第Ⅱ案としてあらためて検討する．また横溢水路の彎曲度は原案の30°より15°に緩和修正されている．横溢水路の底巾5m，底勾配1：27，側法1:0.5は同一なるも上流部の深さおよび中心線の延長において原案のそれぞれ3.25m，4.897mおよび44.467mに対して各々0.75m，0.807mおよび1.533m増大して4.0m，5.704mおよび46mになつている．導流水路の中心線の延長12m，底巾5m，および側法の1：0.5〜垂直は同一である上流部，下流部の深さにおいて原案4.897m，7.50mに対して増大し，修正案で5.704m，11.10mに変更されている．隧道は原案が底巾5m，高さ5mの矩形半円拱の断面で勾配1：100の直線であつたものが修正案では呑口断面において底巾は5mと同一なるも高さ6.8mとなり1.8m増高され，なお呑口より10mの間において底巾は一定にして高さ5.8mに漸縮され以下吐口までこの断面となつている．また底勾配は1：200となり緩になつている．以上与えられた資料を原案と比較しその差異点をあげれば第5表の通りである．（第2表参照）

第5表　原案と修正案の比較（第2表参照）（縮尺比1：25）

事項	原案 原型	原案 模型	修正案 原型	修正案 模型
異常洪水量	151.0 m^3/sec	48.32 l/sec	132.0 l/sec	41.25 l/sec
同上溢流水深	1.235 m	0.049 m	1.125 m	0.045 m
余水吐溢流堰長	56.114 m	2.244 m	60.013m（第Ⅰ案） 55.00 m（第Ⅱ案）	2.400m（第Ⅰ案） 2.20 m（第Ⅱ案）
横溢水路	3.25 m	0.13 m		
深　上流部			4.0 m	0.160 m
下流部	4.897 m	0.195 m	5.704 m	0.228 m
延長（中心線）	44.467 m	1.778 m	46.0 m	1.840 m
導流水路	4.897 m	0.195 m		
深　上流部			5.704 m	0.228 m
下流部	7.50 m	0.300 m	11.100 m	0.444 m
隧道断面高	5.0 m	0.200 m	呑口sect. 6.80 m 吐口sect. 5.80 m	呑口sect. 0.272m 吐口sect. 0.232m
延長	86.35 m	3.454 m	11.35 m	3.654 m
勾配	1：100	1:100	1：200	1：200

第6図
修正第Ⅰ案模型
（第2次実験）

第5図　余水吐平面図　（修正案）

（C） 実験観測および検討考察

実験および検討は第６表に示す流量を用い先ず修正第Ⅰ案（溢流堰長60.013m）について検討し，つゞいて修正第Ⅱ案（溢流堰長55m）について比較検討しその結果により，さらに隧道断面の縮小の比較実験を行つた.

(1) 修正第１案について

a. 排水能力の限界（限界洪水量）

先ず流量を増加しつゝ，その排水量を検するに180m³/sec附近に至ると隧道呑口において通水の限界を示し，以后貯水池の水位は急激なる上昇を現して来る．余水吐全般の流況の適否は未だ不明であるが一応本余水吐の排水能力の限界は隧道呑口に限定され，その限界流量は183.79m³/secであることが認められた．これは原設計の限界流量146.58m³/secに比して37.39m³/secの増大である．なお参考までに本隧道の理論限界流量は Manning の公式によると234.36m³/secであり，また管路としての限界流量は約250m³/secで，共に実験限界流量より著しく大である．これは第Ⅰ報(7)でも指摘したように隧道呑口部の閉塞現象によるものである．

第6表 観測流量

水位（溢水堰形堰）	実験流量	原型流量	備考
cm	l/sec	m³/sec	
2	2.55	7.97	
6	12.93	40.39	
10	27.39	85.32	
11.8	35.19	110.00	計画洪水量
13.5	42.23	132.00	異常洪水量
15	48.31	151.00	
15.7	52.18	163.07	修正第Ⅱ―３案限界洪水量
16	53.98	168.70	修正第Ⅱ―２案限界洪水量
16.5	56.18	175.57	修正第Ⅱ―１案限界洪水量
17	58.81	183.79	修正第Ⅰ案限界洪水量

（b） 貯水池の水位変化

第３図の曲線が示すように流量の増加に伴う水位上昇の割合は40m³/secまでの流量の小さい間は溢流堰の摩擦抵抗に影響され概して急に上昇するが以后この摩擦抵抗が減退して溢流量を漸増するため，その勾配が緩になり151m³/sec附近まではほゞ一定となり直線的となる．さらに流量が増加すると水位上昇は横溢水路の内水位上昇により溢流堰流が不完全となり潜流となるためかえつて急勾配となり急昇する．設計によると計画洪水量110m³/sec，異常洪水量132m³/secの場合の溢流水深は各々1.0m，1.125mとなつているが実験の結果はそれぞれ0.96m，1.08mとなり僅かではあるが小値を示した．念のため各流量の場合に観測された溢流水深より次式によつて各々の溢流係数 $C=\mu\frac{2}{3}\sqrt{2g}$ を求めてみると第７表のごとくになる．即ち設計によれば計画洪水量に対してC＝2.0としてHを求めているが実験結果C＝1.949と僅かの差はあるもほゞ適当のようである．

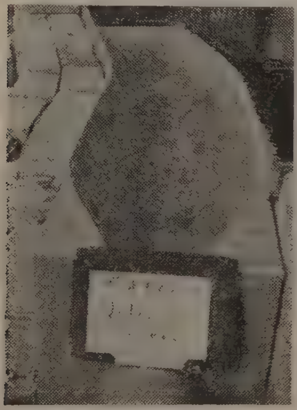
第７表 溢流量，溢流水深および溢流係数の関係

溢流水深 模型 (cm)	溢流水深 原型換算 H (m)	溢流量 模型 (l/sec)	溢流量 原型換算 Q (m³/sec)	C $Q=\mu\frac{2}{3}\sqrt{2g}\,B\cdot H^{3/2}=C\cdot B\cdot H^{3/2}$	備考 B＝溢流巾（模型で2.40052m原型で60.013mとして計算）
0.82	0.21	2.55	7.97	1.380	
2.15	0.54	12.92	40.39	1.696	
3.28	0.82	27.30	85.32	1.917	
3.82	0.96	35.20	110.00	1.949	
4.32	1.08	42.24	132.00	1.960	
4.82	1.21	48.32	151.00	1.890	
6.02	1.51	58.87	183.97	2.030	

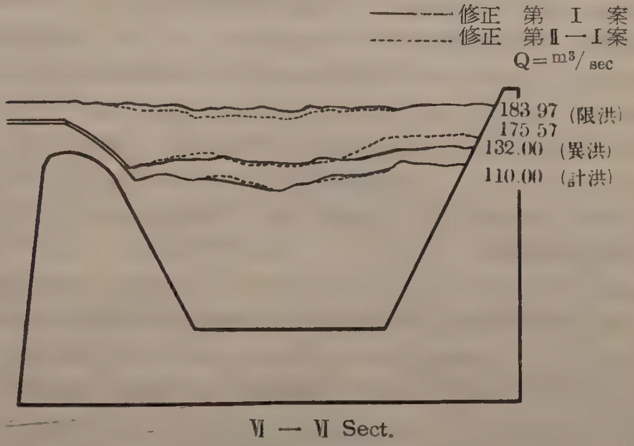
（c） 計画洪水量（110m³/sec）の流況

溢流堰においては全断面共完全溢流を示す．横溢水路の上流部の断面（Ⅰ～Ⅲsect.）の流況は溢流堰屈折の影響をうけ，Ⅱ sect. を中心として縦横流の衝突のため water jet の現象がおこる．この影響により内水位高くなるも対壁側の余裕1.5mあり十分である．流速は不規則なるも平均２～３m/secの間にある． Ⅳsect. 以下は横溢

水路の一般的流況を示す．即ち溢流水脈（横流）は縦流の底を潜り対壁で盛り上り内水位は溢流堰側に傾く．対壁側の水位の盛り上りの余裕は1.5～2ｍあり，流速は下流へ漸次増速し平均約4～5.5m/secを示す．導流水路の流況は横溢水路の彎曲による彎曲流の影響により右側に僅かの水位の盛り上りが現われるが内水位は中くぼみとなり概して正調である．平面的にみて流線は隧道流入の影響により中央にしぼられる左右二つの水束が明瞭である．両側壁の盛り上りは3.5ｍであり余裕約4ｍあり十分である．流速は約9.5m/secに増加する．隧道呑口部（H sect.）の内水位は僅かに右に高まり．左側にしぼられる傾向が見られるが概して正調である．最大水深3.0ｍで断面の余裕3.8ｍで十分である．流速は左側水脈で約10m/secを示す．隧道内の流況は導流水路からの流入水が殆んど偏流しないため概して正調で，水深は全断面共2.6ｍを示し3.2ｍの余裕あり十分である．流速は10m断面で10.7m/sec, 40m断面で9.6m/sec,吐口断面において10.1m/secのごとく中央部で僅か減速，吐口において少し増速する傾向にある．（第7，8，11，12図参照）



第7図
修正Ⅰ案計画洪水量
Q＝110m³/sec
（第2次実験）



第8図　横溢水路の流況

（d） 異常洪水量(132m³/sec)の流況

横溢水路の上流端（Ⅰ～Ⅲ sect.）は計画洪水量の場合と同様流線は複雑に乱れ，対壁側の余裕は0.8ｍとなり流速は不規則であるが約2m/secを示す．これより下流に進むと横流に縦流の衝突の影響が終り，流下の勢力即ち縦流の勢力が大きくなり，内水位はⅥ sect. で僅か対壁側が高いが大体同一である．水深は平均4.6ｍで対壁側の余裕は1.2ｍあり安全である．Ⅶ sect. 以下は横溢水路の一般的流況を示し正調に流下する．流速は2.5～6.3m/secと下流へ進むに従つて漸増していく．導流水路は横溢水路よりの流れ込みの影響をうけ，なお断面側法が下流に向うに従つて漸次急なるためＦ sect. 附近で左右の二つの水束が衝突し，呑口部附近まで跳水する．そのため呑口断面の水位は3.3ｍに上昇するも余裕は3.5ｍ残しているので十分安全である．流速は約9～10m/secである．隧道に入り導流水路よりの跳水現象が10m断面まで影響し右側壁に衝突し水位僅か盛り上るも以下吐口まで概して偏流せず正調に流下する．水深は各 sect. 共約3.0ｍ前后を示し，流速は各々10m/sec附近を示し中央部で僅か減速する傾向にある．（第8，11，12図参照）

（e） 限界洪水量（183.97m³/sec）の流況

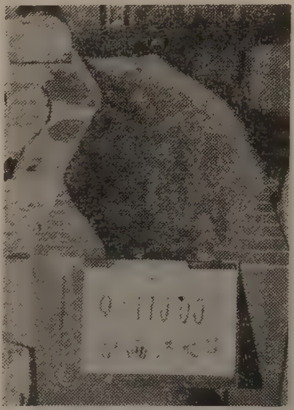
横溢水路上流部即ちⅠ，Ⅱ sect.は溢流堰屈折の影響をうけさらに流量増加のため縦流の勢力が横流に対して優勢となり，殆んど縦流のみとなり流下する．Ⅲ sect.以下Ⅵ sect. 附近までは優勢な縦流に対して横流が衝突して反転して，溢流堰側の底を潜りながらラセン状に回転しながら流下する．内水位は殆んど同一となり対壁側の余裕は全断面共殆んどなく不完全溢流となり危険の状態に至る．流速は0.2～2.9m/secで流量小なる場合より減速する．Ⅶ sect. 以下は横流の勢力強くなり溢流堰から流れ込み，大きなくぼみを作り縦流と衝突し盛り上るもそのまま流下する．このため内水位は溢流堰側より大きく傾斜し複雑である．流速は4.6～7.5m/secに増加する．対壁側の余裕は0.3～0.5ｍでⅨ sect. 以外は完全溢流の限界であり危険の状態にある．導流水路に入り横溢水路の影響により右側にしぼられ左側に大きく盛り上り呑口附近で左右の水束が衝突し跳水するため流入水位は不完全となり何

らかの障害により水面が動揺すれば完全に呑口断面は閉塞され導流水路の水位急昇し貯水池水位の上昇におよび危険の状態になる．水深は呑口部において平均５ｍなるも跳水の最高は断面の左側で7.6mを示し拱壁に衝突している．流速は9.6〜10.2m/secの間にある．隧道に入り呑口部において左側に盛り上り跳水した流線が10m sect.で左側の壁に衝突して僅か盛り上るも以下概して正調に流下する．水深は全断面共４ｍ前后を示し約1.8mの余裕空間を残している．流速は10m sect.で11.5m/sec，40m sect.で10.3m/sec，吐口において10.8m/secを示し中央で僅かに減速する傾向がある．（第８，11，12図参照）

(2) 修正第Ⅱ案

ａ．溢流堰長の短縮

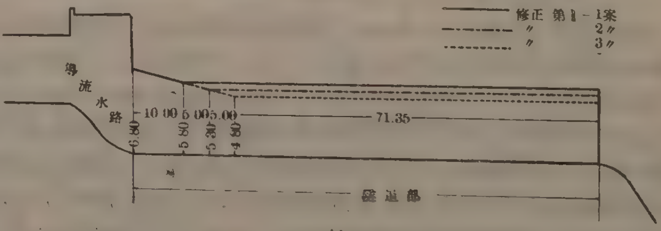
以上実験検討した修正第Ⅰ案は溢流堰長60.013mの場合で前記のように修正設計図によつたものであるが同上修正設計計算書によれば溢流堰長は55mとなつているのでさらに修正して（以下これを修正第Ⅱ一１案と呼ぶ）再度実験観測を繰返した．溢流堰長の修正短縮は側溝の最上流部において屈折部約５ｍ下流に第５図の点線のように平行移動することにした．その結果の流況は修正第Ⅰ案の場合と著しい差異は認められず，貯水池水位上昇で計画洪水量の場合，修正第Ⅰ案の0.96mに対し0.97mで僅かに１cmの上昇を示し，また限界洪水量で修正第Ⅰ案の183.79m³/secに比して175.57m³/secと約８m³/secの減少を示した．完全溢流の限界もほゞ130m³/sec附近にあつて大差なく，各部の内水位および流速も両案には著しい相違は認められなかつた．



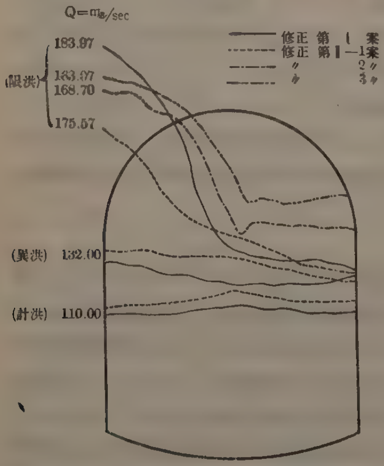
第９図
修正第Ⅱ一１案計画洪水量
Q＝110m³/sec
（第２次実験）

ｂ．隧道断面の縮小

隧道断面の余裕を検討するため先づ修正第Ⅱ一１案の隧道を第10図の破線のように，呑口6.8mから15ｍの間で5.3mに漸縮し以下吐口まで5.3mに縮小した場合（以下これを修正第Ⅱ一２案と呼ぶ）について，限界流量の追求とその場合の貯水池水位変化および隧道呑口以下の各断面の流況について観察検討した．その他各流量の場合の流況については修正第Ⅱ一１案と大差認められなかつた．限界洪水量は修正第Ⅱ一１案の175.57m³/secに対し168.70m³/secと約７m³/secの減少を示し，貯水池水位は1.46mから1.47mと僅か１cmの上昇を示すが隧道呑口以下の内水位がかなり上昇する．即ち呑口断面において4.5mから5.6m，中央断面で4.0mから4.6m，吐口断面では3.6mから4.1mと各々0.5mから1.1m上昇するために，流速は11.0m/secから10.5m/secと僅か減速し下流ほど漸次減速する傾向が認められる．

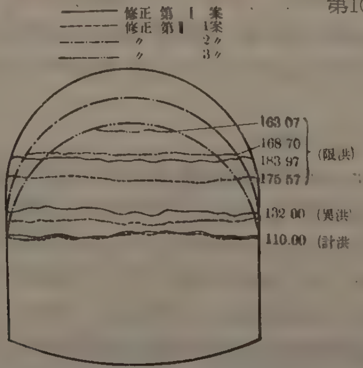


第10図　隧道縦断図（修正案）



H―H Sect.（隧道呑口）

第11図　導流水路の流況（修正案）



90mのSect.（隧道吐口）

第12図　隧道の流況（修正案）

次に修正第Ⅱ一１案の隧道を第10図の点線のごとく，呑口6.8mから10mの間で5.8mに漸縮し以下5.8m断面を4.8mに縮小した場合（以下これを修正第Ⅱ一３案と呼ぶ）について修正第Ⅱ一２案と同様に観察検討した結果，限界流量163.07m³/sec，貯水池水位1.54mの値を得た．隧道呑

口の内水位は閉塞作用によりほとんど余裕空間は見られず以下隧道は満流で流下し吐口断面で僅か20cm内外の余裕を残すのみである．流速は隧道呑口で7.7m/secを示し以下吐口まで8.4〜11.2m/secでありやはり下流ほど増速する傾向が認められる．以上実験結果から隧道断面5.3mおよび4.8mの場合の実験限界流量を各々168.70m³/sec,163.07m³/secを観測し得たがこの場合の理論限界流量をManningの公式によつて求めると次のごとくになる．修正第Ⅱ—2案即ち隧道断面5.3mの場合209.4m³/sec（V=9.25m/sec），修正第Ⅱ—3案即ち隧道断面4.8mの場合は180.52m³/sec（V=8.96m/sec）となり共に実験流量よりも著しく大きく現われるがこれは隧道呑口部の閉塞現象に左右されているものと思われる．（第7，9，10，11，12図参照）

Ⅳ 結　　論

以上原設計案より出発して数回の修正実験を繰返し，ようやく次のように最終案を得た．

1．原案に対して先づ隧道呑口部の修正を2回行い，限界排水量の増大を計りたるもなお不足のためさらに横溢水路および隧道の断面拡大を試みた結果，溢流堰長を60mから55mに短縮しうる可能性が認められた．また隧道部に余裕が見られたので2回の修正実験を行つた結果或る程度隧道断面縮小の可能性が認められるようになつた．

2．限界排水量では原案の146.58m³/secから151m³/sec，155.6m³/sec修正案で183.79m³/secから175.57m³/sec，168.70m³/secと変化し，最終的に163.07m³/secと決定した．この値は最終設計で与えられた異常洪水量132m³/secに対して31.07m³/sec，また原設計の場合の151m³/secに対してなお19m³/secの余裕を有する．

3．貯水池水位上昇（溢流水深）では計画洪水量110m³/secの場合0.97mであり，異常洪水量132m³/secのとき1.09mで，余裕高として約2mを示し安全である．万一限界排水量に達しても水位上昇は1.51mで余裕高はなお1.49m残存することとなる．

4．側溝部の溢流堰流はほゞ異常洪水量附近まで完全溢流を示し，その場合の溢流係数は実測値平均1.949で設計に採用せる値2.0とほゞ一致している．

5．導流水路の流況は大体正調であるが流量増大するに伴い，側溝彎曲の影響により内水位は或る程度左岸に高まる傾向が見られるもたいしたことはない．

6．隧道呑口部の流況もほゞ導流水路の流況と類似であるが限界排水量に達すると，僅かの余裕空間を残すが何等かの原因（例えば流木，波浪など）により水面が動揺すれば直ちに隧道呑口を閉塞し刻々水位上昇を示すに至る．前記最終限界排水量163.07m³/secは実験的にこれらの原因を試みてなお安全なる排水量を求めた値である．

7．隧道内部の流況は呑口高さ6.8m断面から高さ4.8mに漸縮せる20m sect.において内水位最も高まり，以下僅かに内水位を低下しつゝ流下する．限界排水量163.07m³/secのとき隧道呑口附近において僅かの余裕を示すが以下満流となり吐口において僅か20cm内外の余裕空間を残すのみとなる．

8．流速において危険流速の発生はみられず，横溢水路の中央部で最大約3m/sec，同末端で約7m/sec，隧道内部では大体11m/sec程度である．

9．隧道以下の放水路については第1次実験ではその水脈について実験したが，自由落下水脈とはならず地盤線に沿つて瀑流することが明かとなつた．

10．局部的流況としては溢流堰上流部の隅角部を直角屈折と円弧屈曲とした場合についてそれぞれ試みたが大差なく共に流量少いとき僅かにこの隅角において流入水脈が横溢水路底において跳水し，盛り上るが流量増加につれてこの屈折方法の相違は殆んど流況に現われずいずれの形式をとつても差支えないことが明かとなつた．

参　考　文　献

(1) 前川忠夫，上原勝樹，山内一郎：水理模型実験報告（Ⅰ），香川農大学術報告，7(2),198〜206(1956).

(2) 前川忠夫，吉良八郎，脇谷武：水理模型実験報告（Ⅱ），香川農大学術報告，7(3),238〜248(1956).

(3) DAVIS：Handbook of Applied Hydraulics, 1031〜1068 (1942).

(4) HICKOX：Hydraulic models, 1〜38 (1942).

(5) 物部長穂：水理学，74〜84 (1953).

(6) 農林省農地局：水理模型実験 (1951).

(7) 香川県農地部：満濃池余水吐水理模型実験報告（Ⅰ），(1954).

(8) 仝上（Ⅱ），(1956).

Résumé

This report concerns an experiment in hydraulic model test about the spillway of Mannō Reservoir. The terminal draft was concluded after several times of the amendment tests made on the original draft. The most important point of this spillway is the inlet section of aqueduct tunnel. In regard to this point, the experiment was made with scrupulous care, and the height of 5 metres of original draft was increased to that of 6.8 metres. As the result, the drainage of critical discharge was increased from 146.58m^3/sec to 163.07m^3/sec.

It seems that the greatest attention must be taken to the tunnel inlet when a side channel spillway of tunnel type is planned as in this spillway.

土壌の反応並に各種成分がオリヴの成育に及ぼす影響

Ⅱ. Ca, Mg, Kのオリヴの成育に及ぼす影響

野 呂 癸 巳 次 郎

Effects of the soil reaction and nutrient elements on the growth of the olive.

II. Effects of calcium, magnesium and potassium on the growth of the olive tree.

By Kimijiro NORO (Laboratory of Subtropical Fruit)

(Received September 19, 1956)

Ⅰ 緒 言

土壌中の成分が園芸作物に及ぼす影響に就ては我国にても田中[23], 佐藤[19], 杉山[22]が貴重な業績を発表せられ其の他その数たるや枚挙に暇なく, 外国にては WALLACE[25], COOK[5], TITUS[24], HARTMANN[8], O'ROOKE[16], SMITH[20], PROEBESTING[18]その他これ又数限りなく業績は発表せられており, 殊に LOEW[11]が石灰と苦土との比即ち石灰率を発表しているが直接オリヴに対する成分の影響に就ては HARTMANN[8]が最近砂耕に依つて実験を行つているに過ぎない. 併し同氏は無石灰区を省いており米国の現地にては Mg欠乏症は未だ嘗て見たことがない旨を指示している. 然るに我国の現状を見るに苗木を定植した場合1割の苗木が矮化し或種の欠乏症を現わし, 余[14]が目下試験中のCa欠乏症の如き兆候を最初に現わし漸次黄緑化し前報[15]の第7図の如き兆候を現わし HARTMANN[8]の実験結果のいずれにも該当しない兆候を現わすを以ていずれの成分の欠乏症とも想像がつかず, 或はFOGLIANI[7]の伊国の北部Garda地方にて探索した総合欠乏症に非ざるやとの疑念のもとに目下各種殊にCa, Mg其他微量成分との総合欠乏症の実験を砂耕にて施行中である.

本調査は砂耕試験を行う予備として現地調査を行い, Ca, Mg 及Kのオリヴの成育に及ぼす影響を調査したものである. 本実験を行うに当り東大杉山教授, 岩田助教授には葉分析, 元当研究室山田助手には土壌分析を一手に引受け下され, 桑田教授, 山本講師に種種葉緑素其他の分析の労を煩わし, 細井助教授に回帰曲線に就いて御世話になつた. ここに厚く御礼申すと共に本研究は文部省科学研究費の援助を得たもので文部当局に対し厚く御礼申します.

Ⅱ 現状並に調査

香川県始め徳島, 岡山及び静岡県下に於て前述の成分欠乏症を発見し, 殊に Mission種に其の傾向が現われているは奇とすべく, 各地に於ける状態を簡単に説べる.

現 地 調 査

1. 香川県小豆郡土庄町豊島, 島村オリヴ園.

昭和17年に和歌山市島村富次郎氏は豊島の山林十数丁歩を購入し, その内の一部を開墾逐次オリヴ園となし, 現在は3丁歩余のオリヴ園となつているが現在順調の成長を遂げているのは僅か5に過ぎないのであつて, 他の園の内, 甚しきものは年年矮化枯死に至る現状にていずれも古葉に或種の欠乏症を示しており, 根群の状態は全く悪るく殆んど新根を発生せず且つ新梢の発生も見ないのであつて, かかる土地は地下に盤があつて耕土浅く且つ強酸性にて, pH4.5前後を示し石灰分に乏しい. 尚風当り強く凡ての点に於てオリヴの栽培には不適当なる感を呈する. 且つ最近は一昨年 (昭和29年) 迄良く結実を見た成木園にも甚しく欠乏症の兆候が現われ古葉の尖端が黄緑色に変じ本年度は殆ど収穫皆無と称しても過言でない状態であるが, これらの原因が一昨年の台風15号に依り成木が倒れたのにも存しており, 土壌成分の含量は第1表の通りである.

第1表 島村オリヴ園の優良園と不良園に於ける土壌の成分表

	優良園	不良園	Calif. Ventura のオリヴ園
全窒素	0.238%	0.042%	0.077%
燐酸	0.050	0.030	0.021
加里	0.050	0.040	0.047
置換性石灰	0.0437	0.0341	0.670
腐植質	2.166	0.780	0.780
pH	4.1	4.1	—

第1表を見るに不良園にて他園に比し著しく含有量の少ないのは窒素と石灰であるが，殊に窒素は少なく苗木の成長不充分であるのも肯定出来且つ石灰も加州の園に比し著しく少なく両者が苗木の成長を不充分にさせた原因ではあるまいか．殊に石灰の少ないのは従つて苗木の成長を不充分にし且つ或種の欠乏症を現わしたものと推定が出来，苗木の成長と石灰の関係は余が最近の実験結果[14]及び MARIMPIETRI[13] の実験結果とも一致しており罹病葉（欠乏症の葉と同意以下同じ）の原因は微量成分の分析を欠くからいずれに基因するか明言が出来ない．

2． 小豆郡内海町西村，香川県農事試験場西村オリヴ園．

大正6年に開園しSevillanoを栽植していた畑で余が大正時代に管理していたことがあり，最近古木を抜伐し1年生Missionを植えた処全部に上述の欠乏症が現われ，島村オリヴ園以上の被害を被つている（第5表）．

3． 小豆郡池田町，香川県農事試験場小豆分場内オリヴ園．

我国唯一の模範オリブ園とも称すべき園の最下段のMissionの成木2樹に同様の欠乏症を認めた．該樹附近は耕土浅く岩石露出し居り，かかる環境の土地を定植に際し深耕を行つた結果低湿地なる上に排水設備をせずして深耕せる結果周囲の地下水が深耕した穴に溜り十年余を経過せる今日根が腐り吸収能力を減じた結果かかる地区に限り前述の欠乏症を生じたものに非ざるやと推定する．

4． 本学附属大宮果樹園．

余が管理せるオリヴ園にてオリヴを定植するに当り傾斜地を段畑となすに際し，心土及び表土の区別なく段畑を作り且つ深耕するに当つても同様に行い且つ排水設備をせず苗木を定植せる結果第1年目の成長極めて悪しく，第2年目に苗木を新しくし且つ表面に肥沃な土壌を5寸の厚さに敷き苗木を定植せる結果第1年目の成長は極めて順調に進み，第2年目に至り根群が原土に伸長するに至り著しく成長中止し且つ前述の欠乏症が生じ始めたのであつて，整地前の表土の全酸度は20，心土は50を示した点より考察すれば極強酸性土壌であつたことを立証するもので従つて著しく石灰が欠乏していることは推定が出来且つその他の成分も充分でなかつたのを物語るものである．

5． 其の他県内にても小豆島西村に於て，且つは土庄町豊島の植村氏のオリヴ園等に於ても各種の欠乏症を散見するが大部分は前述と同一兆候を現わすもので，殊に三木町池戸高橋果樹園内にある2樹は前述の兆候を現わすと同時に完全花が50%以上あるに不拘開花するも一果も結実せず,花粉を調査し学内にある Mission に交媒せるに立派に結実せる点より考察するも花粉に異状なく地中海沿岸諸国に目下盛に起りつつある現象と同一にてBRICHET[4]は管理宜しきを得ば矯正し得るものであると全く抽象的説明を行つている原因不明の現象であり，此の現象は前述の欠乏症と何らかの関係を有するものに非ざるやと推定する．

6． 岡山県下に於ける現象．

岡山県下のオリヴ栽培は最近に始まり牛窓町服部和一郎氏が大崎守技師の指導のもとに昭和17年開園し，比較的良好な成績を納めた結果各地に栽培が始まり玉島市金辺貢氏が1丁歩を開園しその後県下に急激の発展を見，県当局も奨励するに至つた．然るにMissionに開花不結実の現象が起り同県にては Nevadillo Blanco を主体として奨励するに至つた．

昭和28年頃県農業改良課に赴き香川県下に発生する欠乏症の件に就き尋ねた処更に無関心にて，その存在を認めず，従つて28年に各栽培地を巡視せし処香川県よりは発生少なく主として Missionに其の現象を認めたのに過ぎない．以下調査せる実況を述べる．

A 岡山県牛窓町，日本オリヴ株式会社経営（社長，服部和一郎氏息子恒雄）．

現地踏査前に同園技術者片岡進氏のもとに欠乏症葉を送り同様の被害葉の有無を照会せし処次の如き回答に接した．即ち各所に御同封下さいました罹病葉は発見されます,かかる枝は成長悪しく枯死するか,落葉が多く開花は他の枝と異ならないが結実しないと．且つ服部オリヴ園に発生した数葉をも同封してあつたが全く本県下で発生を見るものと同一で褐変のもの及び淡黄変のものがあり，いずれも土壌の送附もあつたから土壌分析の結果第2表の

結果を得た．

第2表を見るに強酸性土壌にて石灰が著しく欠乏しおり，Mg も普通以下の状態にて香川県下の該欠乏症発生地と殆んど同一状態であることを知つた．

B　玉島市柏島五明，金辺貢．

昭和23年の開園にて服部氏同様深耕を行い多量の有機物を投入と同時に3尺立方尺に対し消石灰2貫目，過燐酸石灰700匁を施し土壌の酸性を矯正しそれと同時に土管の瓦斯抜を装置す．以下いずれの栽培家も同一方法であつて排水設備は何等設けていない．園内に1樹のMissionがあつて樹勢極めて旺盛開花するも余り結実を見ない樹に香川県同様の欠乏症葉を認めた．

第2表　日本オリヴ株式会社オリヴ園に於ける土壌分析の結果

	pH	Ca	Mg	K
褐変葉区	4.5	0.048%	0.040%	0.044
黄緑変葉区	4.5	0.052	0.049	0.043

C　其の他の園．浅口郡鴨方町益坂．横山源治，及び玉島市屋守，石橋義夫氏の若木園にても同様認められたが，横山氏の被害樹木は Nevadillo Blanco であつて樹勢普通，甚だしき罹病葉を認め，石橋氏の園にては約2年生苗木に小豆島同様萎化枯死の状態を示し Mission 並に Nevadillo Blanco であつた．3者の土壌分析の結果を示す．

第3表　岡山県下のオリヴ園土壌分析結果

	pH	Ca	Mg	K
金　辺	5.0	0.085%	0.051%	0.042%
横　山	4.5	0.052	0.029	0.030
石　橋	5.2	0.025	0.014	0.018

第3表を見るに3成分共極めて少なく，或種の欠乏症の状態を示すのは当然と云わねばならぬ．

以上岡山県下の状態を見るに香川県下に於ける発生状態よりも極めて少なく，之れ大崎技師の指導宜しきを得たものと見て差支えなく，只遺憾に堪えなかつたのは排水設備を一つとして施していなかつた点である．

7.　徳島県其の他に於ける状態．

徳島県板野郡上板町，大山果樹試験地に本学より配布したオリヴが約10本植えられているがいずれも本県同様の欠乏症が現われており，土壌のpHを調査せし処 4.5を示した．尚又静岡県蒲原町，塩坂清氏の園にも他の品種には現はれていないがMissionに限り萎化し欠乏症が現われており成長極めて悪い．該園は小山の麓の平坦地で肥沃な土壌である．

以上は余がかつて現地踏査した現状で，明治初年に失敗に終つた愛知県盛田オリヴ園のあつた場所と同一の土壌にて未開墾地のものの送附を受け1年生Missionを鉢植として管理中果たして各地に現わるる欠乏症を武豊其の他の土壌区に発見した．

Ⅲ　化学的実験結果

1.　欠乏症発生土壌の化学的組織．

以上説述せる各発生地其の他目下実験中の土壌の分析結果は次の通りである．

第4表　欠乏症発生土壌の成分含量

第 1 区	小豆郡土庄町豊島，島村オリヴ園1年生畑
第 2 区	同園内試験地
第 3 区	同園西園
第 4 区	同園結実園
第 5 区	同郡内海町西村，島村オリヴ園
第 6 区	愛知県武豊町，知多地方事務所裏山の土壌
第 7 区	小豆郡池田町，県農事試験場オリヴ園
第 8 区	同園に隣接せる未開墾地
第 9 区	大川郡津田町鶴羽，森本オリヴ園
第 10 区	高橋果樹園内オリヴ樹附近
第 11 区	和歌山県切目村島田，未開墾地表土

第 12 区	大鉢試験第1区（標準区）	
第 13 区	同 第2区（やや酸性区）	本研究第1報参照
第 14 区	同 第3区（欠乏症発生区）	
第 15 区	同 第4区（強酸性区）	
第 16 区	同 第5区（ 〃 ）	
第 17 区	同 第6区（$CaSO_4$施用区）	

備考．牛窓町服部オリヴ園其の他の土壌は別表に掲載済

	pH	Al	Mg	Ca	K
第 1 区	4.1	1.645ppm	0.0321%	0.0341%	0.0048%
第 2 区	4.1	0.850	0.0330	0.0470	0.0135
第 3 区	4.1	0.330	0.0282	0.1180	—
第 4 区*	5.1	0.603	0.0430	0.0437	—
第 5 区	4.2	1.254	0.0446	0.0616	0.0420
第 6 区	4.4	1.340	0.0590	0.0680	0.0480
第 7 区	5.5	1.253	0.0547	0.2002	0.0170
第 8 区**	4.0	1.253	0.0600	0.0570	0.0217
第 9 区	4.4	1.340	0.0350	0.0270	0.0039
第 10 区	4.4	1.232	0.0300	0.0527	0.0051
第 11 区	4.4	1.017	0.0376	0.0190	0.0391
第 12 区***	7.0	0.438	0.0898	0.5915	0.0554
第 13 区	6.0	1.510	0.0380	0.1990	0.0198
第 14 区	4.3	1.467	0.0110	0.2700	0.0128
第 15 区****	3.3	1.074	0.0122	0.2520	0.0360
第 16 区****	3.5	1.274	0.0200	0.4550	0.0110
第 17 区	6.8	0.1660	0.0700	0.5480	0.0586

備考．*多少欠乏症発生するも成育普通
**不明
***標準区
****最も甚だしく枯死の状態，黄変せず葉尖端褐変漸次全葉に及び落葉（1種の欠乏症）
Kは置換性

2．罹病葉の葉分析．

前述の欠乏症の発生の程度及び標準として学内の成育やや順調の Mission の充実した葉を供試し，葉分析を行うに当り東大農学部杉山助教授の厚意に依り，助手岩田正利の労を煩わした．

供試材料．高橋果樹園の罹病葉の外は全部同一日（昭和28年10月11日）に採集し室内にて風乾し，東大に送り分析着手迄デシケーター内に保管した．高橋果樹園のものは約2ケ月後に採集し，低温乾燥を行うべく乾燥器内を30°Cに保つた．

分析方法．岩田の行える方法は次の通り．

N—ガンニング変法．

P—ローレンツ法（重量法）

K—亜硝酸コバルト法（〃）

Ca—過マンガン酸加里滴定法

Mg—オキシ法（重量法）

B—Berger-Truog法（比色法）

分析結果を第5表に示す．

第5表　　罹病葉の分析結果

		N	P	K	Ca	Mg	B
		%	%	%	%	%	ppm
標準区		2.11	0.173	1.21	0.607	0.064	19.9
島村オリヴ園内 1年生Mission		1.88	0.102	1.84	0.160	0.022	24.1
〃 試験園		1.17	0.091	1.49	0.177	0.052	24.8
褐変葉		1.61	0.106	1.56	0.251	0.024	19.7
高橋果樹園		1.84	0.186	1.61	0.290	0.049	6.9
HARTMANN[8]	完全区	1.84	0.150	2.01	0.410	0.150	—
	無Mg区	1.86	0.140	2.52	0.330	0.070	—
	無K区	1.69	0.170	0.58	0.930	0.240	—

備考．褐変葉は葉尖端が著しく褐変したものを各地より採集し一括した．標準区は健全葉其他は罹病葉．
HARTMANN[8]の砂耕試験に依る3ヶ所の区の葉分析を掲ぐ．
（1945，10月5日，但し供試葉の年度は不明）

3．罹病葉中の chlorophyll，carotin及び xanthophyllの定量

罹病葉中の chlorophyll其の他の色素の含量が標準葉に比し如何程の差があるかを知るため本学育種学研究室桑田教授の厚意に依り山本講師の労を煩わした．

供試材料採集日は昭和28年12月15日．供試材料は大鉢植えの標準区並に第3区の軽度の罹病葉を供用した．

実験方法．標準葉及び罹病葉の生葉約2gを秤量し，SCHERTZの方法に従いchlorophyll（$\alpha+\beta$）を測定した．即ち生葉をすりつぶしacetoneで抽出してetherにうつしこれをけん化した後，蒸溜水を加えて一定量とし，GUTHERIEの標準液を用いDubosque の比色計で定量した．単位は生葉1g中のchlorophyll（$\alpha+\beta$）をmgで表わした．次にcarotin及びxanthophyllの定量は菅原[20]の方法を用いた．即ちchlorophyllをけん化した後etherに溶存しているcarotin及びxanthophyllを温湯中で減圧で殆んど乾固させた後石油etherに溶解させ分液漏斗に入れ，85%methyl alcoholを加えxanthophyllを分離しそれぞれ石油ether及びmethyl alcoholで一定量にし，標準液（1定量の重クロム酸加里の水溶液）を用いDubosqueの比色計で定量した．なおcarotin，xanthohyll共生葉100g中のγで表わした．実験結果を第6表に掲ぐ．

第6表　　罹病葉及び標準葉内のChlorophyll，carotin及びxanthophyllの含量

	Chlorophyll（1g中のmg）	Carotin（100g中のγ）	Xanthophyll（100g中のγ）	供試生葉重（g）
標準葉	3.88	1800.4	3497.9	2.430
罹病葉	2.92	2373.8	3651.2	1.940

考察

総合的の考察は困難であるから各実験ごとの考察を次のごとく行つた．

1．現地調査，罹病葉発生に共通の点．

a　枝梢は枯死し成長を中止する．

b　主として2年生乃至1年生葉にても早春発生の葉に欠乏症発生し，その兆候の最初は淡黄緑色が尖端に現われ次いでややレモン色より濃黄緑色になり殊に葉脈が清色し明瞭となり，脈間は淡黄緑色を呈する，次いで尖端にNecrosisを生じて落葉するものと其の儘落葉するものとの二種がある．最初の兆候は石灰半量区の砂耕[14]に於て現わるゝものによく似ている．

c　欠乏症の発生した葉は一般に小さく幅も狭く発育不良であり，早やきは8月上旬より現われ始め，9月〜2月に最も多く現わるゝはRENAUD[2]の葉分析が示すごとく，オリヴの葉は1,2,3年葉いずれも9月に石灰の含有量が最高に達するをもつて其の頃以後に石灰の欠乏症が現われ始めるのは石灰欠乏が一因をなしているではないかとの疑問が生じ，その他の微量成分に就ていは実験未了のため全く不明である．

2．化学的組成．

土壌及び葉分析の結果よりして化学的組成に就き以下考察を行う.

第1,5の両表を見るに土壌中並に葉内に於て最も含有量の少ないのは MgとCaである. 其の 他微量成分に就ては分析を行わなかつたから全く不明である.

土壌中に於ける石灰の含有量を見るに第1表に示すごとく加洲の Ventumのオリヴ園にては石灰が0.670%であるに反し, 我国に於ける罹病葉の発生している土壌は殆んど全く0.06%以下であつて稀に0.2%以上にても発生している園を見るがこれは下に示すごとく例外の場合であつて, Mgに於ては HARTMANN[8]は葉分析の結果乾物として0.15〜0.48%が含まれていると称し, 0.06〜0.10%の含有量を示す時にも Mg欠乏症を生ずるものであると称している. 又Fair Oaks 地方のオリヴの葉分析の結果いずれも0.10〜0.12%を示し, たとえ現在はMg欠乏症を生じていないが極めて危険な状態にあると称し注意を促している.

第5表を見るに標準区のMg含有量でさえ0.064%であるのは我国の土壌がいかに Mg に欠乏しているかを推知することが出来る. 標準区は学内にある約20年生樹の成育やや良好の樹より採葉したもので pH6.8, 置換性石灰0.602%を示す土壌で其の当時に於ては欠乏症の心配がなかつたが翌年に於てHARTMANNの言のごとく一部の枝に欠乏症が現われた. 然るに最近Luccaを毎月葉分析行つているがいずれも0.132〜0.164%を示し極めて順調の成長を遂げている. 第5表に示すごとく欠乏症を生じている葉に於て0.02〜0.049%を示すは当然と云わねばならぬ.

以上論じ来た点より推察するにMg欠乏が其の一因をなしているかのごとく感ぜられる.

次に葉分析の結果よりしてN,P,Kの三要素に就いて考うるにBOUAT[2] は乾物として N.2.10. P_2O_5.0.35, K_2O.0.105%即ち60:10:30の比率が最適と称しており,第5表を見るに標準区だけがBOUATの説と一致し,他は凡てKがNと同量或はそれ以上含まれておりPが著しく少なく, 之等の比率が直接間接に前述の罹病葉を発生する一原因に非ざるやと推察するのである. Ca,Mg及びKの関係を調査すると同時に三要素の比率をも考慮に入れる必要があるようにも考えられる.

第7表 葡萄樹各部分に於けるCa及びMgの含有量 (対乾物)

	石灰	苦土	乾物に対するMg成分
上部の葉	3.37%	0.51%	6.96%
下部の葉	4.33	0.59	8.47

備考 原文は灰分中の%であるが対乾物に換算した.

第8表 栗樹葉に於けるCa及びMgの含有量

	全灰分	K	Ca	Mg
健全葉	4.8%	1.04%	2.17%	0.31%
発育不完全葉	7.8	0.27	3.57	0.18

CaとMgの関係. LOEW[11]が石灰率を発表して以来, 内外に賛否論が起り, 木田[9,10]は種種論じおり, 大工原[6]は煙草にては4が最適なりと称しているが LOEWはウルフの実験結果を引用し第7表のごとく述べている.

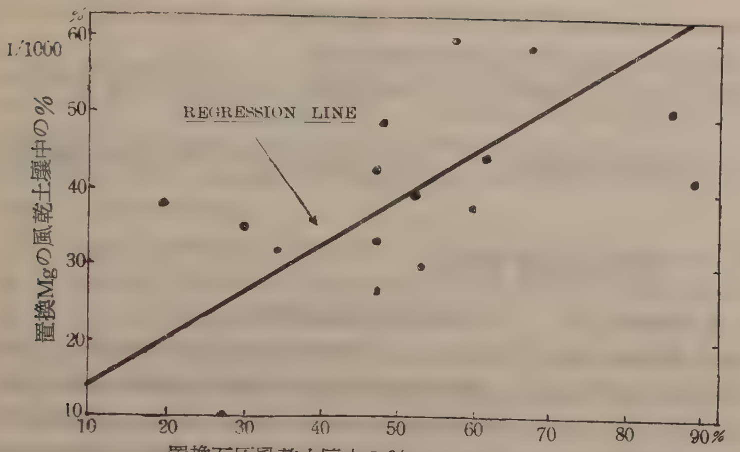
殆んどCaはMgの7倍を有しており, 嫌石灰植物として一般に知られている栗樹に於て LOEWは葉分析を行い第8表の結果を得ている.

かくのごとく嫌石灰植物である栗樹に於てさえかくのごとく約7倍のCaを有している. COOK[5]は最近両者の関係に就て発表し, 一般にCaはMgの10倍を必要とすると称す. しかし植物に依り其の比率は当然変化するものであると称している. O'ROOKE [16]は tung treeでN,K,Mg と結実の関係を試験し, PROEBESTING[18]は梨に於て行い, LOOK[12]は葡萄に就て調査している. HARTMANN[8]は CaとMg の関係に関し Ca が低い時にはMgも低く, Caの高い時には Mg の含有率も高いと発表しているが両者が幾程の比率を有する のが最適で ある と云う点に就ては触れていない. 余が砂耕に於て行つている実験に於てさえ斯る現象を最近認めている.

余は分析結果に基き大鉢実験用土壌を除き16ヶ所に於けるMgとCaの関係を 調査すべくregression lineを作成し, 第1図に示した. 且つ両者間の相関係数 (γ) を算出した処+0.5325なる結果を得た.

POPE[17]はMg欠乏症の原因は土壌中のMg欠乏とMgの吸収を抑制する Caに基因すると称しているがCaの極度に含有せられている時にかかる現象が生じて来るものであろう.

本調査実験にては土壌分析を行うと同時に供試土壌に植えられていた樹の葉分析を省いたので両者間の関係は明かでないが, 我国のごとき土壌中のMg含量少なき処に植えた樹の葉内に於けるMg含量は極めて少なく第5表に示す通りである.



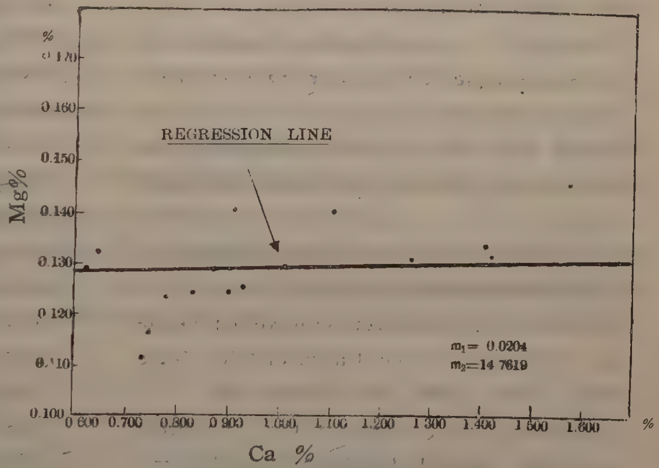
第1図　土壌中のCaとMgとの関係
$\gamma=+0.5325$
備考　γは回帰係数より計算した．

次に施肥に充分注意しMg及びCa，堆肥等を施した学内圃場の樹勢旺盛である当年開花せる樹と未開花の1本のLuccaの葉を7月より10月末に至る期間に9回2年生並に1年生早春葉を厳格に採集し葉分析した結果よりCa及びMgの回帰係数を求めた処　$m_1=0.0204$，$m_2=14.7619$の結果を得，両者間には相当の相関関係の存在していることを推知し得べく，両者より相関係数を求めたるに$\gamma=+0.5486$なるを認めた．(第2図)．

かかる2例より推定するも極端にCaが土壌中に存していない限り両者間には正の相関関係の存していることが判る．

KとMgの関係．HARTMANN[8]は両者の関係はCaとMgの関係と正反対でKが多量に含まれている時にはMgは少ないとregression curveで詳細に示しており，COOK[5]はKを土壌中へ過剰に施すのはMg欠乏症を生ぜしむるものであると甘藷，砂糖大根，及びtobaccoに対する実例を引用しており，これ等学説が余の行える実験結果と一致するかを検するに$\gamma=+0.6182$となり全く反対の結果となり，再検討を要するのである．

Ca+MgとKとの関係．HARTMANN[8]はこれ又両者の間にはKとMgの関係同様の結果を得ているが，余はこれ又レグレッションン係数より計算して，$\gamma=+0.1408$なる数字を得た．これも前者同様再検討を要する．



第2図　Lucca葉内のCaとMgの関係
（昭和30年7月〜10月迄2樹より採葉）

摘　　要

本調査並に実験はオリヴに対する或種の欠乏症を対象として香川，岡山，徳島及び静岡県下の発生地を調査し，其の特性を調べ且つ土壌内の養分含有量並にpHを調査し罹病葉の葉分析等を行い，各地に発生せる罹病葉の共通性を発見した．

1）罹病葉の特性は最初2年生或いは1年生春季の葉の先端葉脈間が淡黄緑色に変じ，葉脈が顕著になり，最後には葉脈が葉脈間の部分より黄色を増し，或いは尖端にnecrosisを生じ落葉する．

2）発生の時期は早やきは8月に始まり，9月〜2月に最も甚だしく，冬季間が殊に甚だしい．発生の罹病葉は基部に多く尖端は成長を中止するを常とし，常にやや小形葉となり易い．

3）罹病葉発生の土壌はCa及びMgの含量極めて少ない．但し微量成分の分析を欠く．土壌のpHは常に4.0〜4.5である．

4) CaとMgとの関係を見るに土壌中の両者の関係は$\gamma=+0.5325$で，管理を充分行えるLuccaの主として2年生葉を7月〜10月迄に9回採取して葉分析した結果，$\gamma=+0.5486$なる結果を得た．

5) MgとK及びCa+MgとKの関係は予想に反した結果を得た．これ供試材料の少なかつたのに基因するのではあるまいか．

6) 葉分析の結果も同様であつてCa及びMgの含量極めて少なくMgはHARTMANN[8]の称する危険区域内である．

Literature Cited

1) BALDACCI, E., FOGLIANI, G. : A disorder of unknown origin in lake Garda district of Italy. *Olé aria*, Nos. 9—10, (1951). (*Hort. Abst.* XXII. 2291).

2) BOUAT, A., RENAUD, P., DULAC, J.: Étude sur la physiologie de la nutrition de l'olivier. (Deuxième Mémoire), *Ann. Agron.*, No.4, (1953).

3) ………,………,………: ……………………………………………, (Troisième Mémoire). *Ann. Agron.* No.4, (1954).

4) BRICHET, J. : Le millerandage des olives où la "Schnocarpie" de l'olivier. *Fruit et Prim.*, (1953).

5) COOK, R. L., MILLAR, C. E. : Plant nutrition deficiencies. *Michigan State College Bull.*, 353, (1953).

6) 大工原銀次郎：煙草に対する石灰の効果に就て，農林省農事試験場報告，32，(1905).

7) FOGLIANI, E. : Research on olive leptnectosis, 2-symptoms in the Garda district. *Oléaria*, 6, (1952). (*Hort. Abst.* XXIII. 4550).

8) HARTMANN, H.T., BROWN, J. C. : The effect of certain mineral deficiencies on the growth leaf appearance, and mineral content of young olive trees. *Hilgardia*, 22(3), (1953).

9) 木田芳三郎：無意味なる石灰率反駁論に就て，農学会報，125，(1913).

10) ………：石灰率説に対する疑義に就て(第1報)，農学会報，134〜135，(1913).

11) LOEW, O. (古田徳太郎訳)：植物成育に及ぼす石灰及び苦土の関係に就て，農学会報，54，(1902).

12) LOOK, L.F. : Chlorosis experiments. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 61, (1953).

13) MARIMPIETRI, L. : Soil reaction and calcium in relation to development of the olive. *13 Congr. int. Oléic.*, 3, *Actas Oléic.*, 1, (1950). (*Hort. Abst.* XXII. 3439).

14) 野呂癸巳次郎：未発表.

15) ………：土壌の反応並に各種成分がオリヴの成育に及ぼす影響 I．香川農大学術報告，7(3)．(1956).

16) O'ROOKE, E. N., NEFF, M. S. : Effect of N, K, and Mg on the growth of nonbearing tung trees on Lakeland fine sand. *Proc. Amer. Hort. Sci.* 61, (1953).

17) POPE, D. T., MUNGER, H. M. : Heredity and nutrition in relation to magnesium deficiency chlorosis in celery. *Proc. Hort. Sci.*, 61, (1953).

18) PROEBESTING, E. L. : Certain factors affecting the concentration of N, K, Ca and Mg in pear leaves. *Proc. Amer. Hort. Sci.*, 61, (1953).

19) 佐藤公一：果樹葉分析に関する研究(II)，農業技術研究所，*E.* No.3，(1954).

20) SMITH, P.F., REUTHER, N., SCUDDER, G. K. : Effect of differential supplies of Nitrogen, potassium, and magnesium on growth and fruiting of young valencia orange trees in sand culture. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 61, (1953).

21) 菅原友太：作物葉の葉緑素 (chlorophyll $\alpha+\beta$) の測定法に就て，農及園，12(7)，(1937).

22) 杉山直儀，岩田正利，八代仁夫：ブドウのマグネシューム欠乏症，園芸学雑誌，21(3)．(1946.)

23) 田中彰一：農作物の苦土欠乏症に関する研究，農及園，19(7)，(1944).

24) TITUS, J. S., BRYNTON, D. : The relationship between soil analysis and leaf analysis in eighty New York Mc Intosh apple orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 61, (1953).

25) WALLACE, T. : The diagnosis of mineral deficiencies in plant by visual symptoms, (1951).

Résumé

The research study was made of the effect of calcium, magnesium and potassium on the growth of the olive at Kagawa, Okayama, Tokushima and Shizuoka prefectures and some nutrient deficiencies were found. The soil in the orchard, and the leaves of the tree which showed some symptoms of the nutrient deficiency were analysed and I found somethings in common with each other. It was as follow:

1). There appeared a progressive development of a light-green chlorotic area from tip to base of the oid leaf, followed by the occurrence of reddish yellow vine and necrosis was found at the tip of the leaf. At last the leaves dropped.

2). The leaf-symptoms started appearing in August, and in the period from the last of September to February, the symptoms appeared very remarkably.

The symptoms of the nutrient deficiency in the old leaf were given in the form of a reduced leaf size, and the growth of the tip of shoot always stopped.

3). The contents of calcium and magnesium in the soil in which the symptoms of the nutrient deficiency of the leaf appeared was very little and the soil was always maintained at pH of 4.0—4.5.

4). The relationship between calcium and magnesium in the soil is very important and correlation co-effecient $\gamma = +0.5325$, and that between calcium and magnesium in the leaf of the variety Lucca in good condition is the same in the soil, $\gamma = +0.5486$.

5). I could not obtain the accurate results between magnesium and potassium, calcium+magnesium and potassium. I thought that these samples were too few to obtain the good results.

6). The leaf analysis showed that the calcinm and magnesium contents of the olive leaves in the Kagawa prefecture were very little and even the check block would be fairly almost the point where a deficiency might be expected to occur as Hartmann(8) described.

With such a calcium and magnesium deficiency these contents of the leaves would be about 0.160 to 0.290 and 0.022 to 0.C52 per cent of the dry weight as compared with 2.34 to 3.50 and 0.23 to 0.50 per cent for olive having an adequate calcium and magnesium supply in mediterranean basin(2).

果物のWaxingに就て

野呂癸巳次郎，八村馥江

On the waxing of fruit

Kimijiro Noro and Fukue Hachimura

(Laboratory of Subtropical Fruit)

(Received September 19, 1956)

緒論

果物の waxing は決して最近に始まつたのでなく，随分古くから中国にては行われていたのであるが，松本[9]は或種の油包装紙を昭和の初め頃にリンゴの箱詰めに用い保存性を高めたと称しており，昭和の之れ又初めに高橋[17]は硼砂を温州蜜柑の表面に塗布し貯蔵力を高めようとしたが，分子間呼吸の為め外観は実に立派であるが品質悪変の恐れがあり失敗に終つた．柴田[14]もレモンに paraffin を撒布して同様の結果を得た．

然るに最近愛媛の宮本[11]が米国へ実地練習生として派遣せられ，帰国に際し waxing を我国へ導入し実地に応用し多大の効果を納め，ここに waxing 熱が盛になつたので宮本氏の功績たるや実に偉大なるものと云わねばならぬ．偶々野呂（以下余と称える）は昭和29年春，某油脂会社より果物の waxing に附き相談を受け，それ以来多大の興味を持つようになり，加州大学の Klotz 教授及び同大学に留学していた台湾大学教授胡昌熾の御教示を忝し，29年度専攻学生柴田保治並に30年度専攻学生八村馥江に卒業論文のテーマとして waxing を与え，若干の成績を得，柴田[14]の実験結果は既に発表済み，ここに八村の行える実験結果を取纒め発表せんとする．

余は両者を指導したのに過ぎずして直接実験者は両者であり，ここに発表せんとするのは全く八村の行つたものであることを附記する．八村の実験を行うに当り農産加工研究室の樽谷助教授，並に真部助手に一方ならぬ御指導に与り，且つ供試資料は殆ど三協化学研究所より提供に与り尚又各種印刷物其の他一方ならぬ御援助に与り，供試用柿は興津の東海近畿農業試験場園芸部の田中部長並に飯久保技官の御配慮に依り極めて優秀なものを御送り下さいまして，厚く厚くここに御礼申します．

Waxの種類

余は不勉強の結果最初は全く wax に対する知識なく，California 大学の Klotz 教授[7]から次のように御教示に与つた．即ち Sunkist に早速照会した処原料名だけは通知に接したが配合歩合は各各 patent で詳細は不明であるが paraffin, resin 及び carnuba wax 等が主成分をなしていると，余り漠然としていたから30数年来の友人である台湾大学胡昌熾教授[6]に照会した処次のような極めて詳細な返信に接したから第1表に掲げる．

第1表　果実及び蔬菜用 Wax 乳剤の成分

商品名	全固形物	Paraffin	Carnuba wax	Shetlac	Borax
Brytebe :					
489―A	18%	4.4%	8.1%	2.1%	1.4%
284―D	35	5.3	15.9	―	―
231―B	23	11.3	2.8	―	0.7
233―B	24	11.3	2.8	―	―
816―A	20	7.0	2.9	1.7	―

加州の柑橘業者は Primafresh Wax Emulsion for Fruit and Vegetable なるものを主として使用しており，Dow Chemical Company から全固形物48%，paraffin 28%，bentonite 28%入の石鹼を主成分とした Dowax なるものを発売しているのは注目に値する．Canewax は充分 carnuba wax の代用として使用し得るも

のであると称しており，其の他ステアリン酸やモホリン等を用いている国産品もある.

SCHARMA [13]は柑橘，メロン，アンズ，トマトには苛性ソーダ60，トリエタノールアミン20，ステアリン酸40，パラフイン165，カルヌバ蝋55，シエトラック100，水200のものを使用に際して水にて稀釈して用いると称しており，又 wax coating に際し必要な wax の量は4～5%でそれに極少量の鉱物質油を用いると非常に均等な薄漠が出来ると称し，例えば paraffin 5，stearic acid 5，water 5，triethanolamine 2.5 で乳化剤が出来ると.

以上のごとく wax の主成分は種種であつて，前述のごとく其の目的とする処は出荷及び貯蔵中の防腐を目的とするのであるが其の他外国にては果実のwax 着色加工にも随分用いられており，遺憾乍ら我国では其の域に迄は達していない．殊に最も多く用いられているのはレモンであつて COTHRON [1]は着色には油溶性緑色染料を用い，wax に1%程度を使用したいが一般には2,000～3,5000の wax に1%の染料を用いて充分希望する lemon-yellow の色調を補色する事が出来ると特許明細書には記載されている．余も曾てペカン等の人工着色を見たことがあり我国にて一日も早く人工着色用のwaxが考案せられんことを希望してやまない.

Waxing の 方 法

胡教授[6]よりの通信に依れば次の5種類の方法が米国にては行われている.

1. 熱パラフイン法．少量の松脂を混合した paraffin (融点137°F)[7]を260°F迄熱し，果実や根を数秒間其の内に漬ける．此の場合には果実の表面等が充分乾いていなくてはならず且つ表面の乾かないものには利用出来ないから柑橘類に限ると称してよい.

2. 薄膜法．主として paraffin を主成分とする wax の薄膜を急激に廻転しているブラッシュを通じ果実に塗布する方法.

3. 撒布法．溶解 wax を果実に撒布し適当の被膜を生ずる迄ブラッシュをかける方法.

4. 溶剤法．適当の溶剤で wax を溶解せしめて噴霧する方法で果実の洗滌後必ず乾燥せしめねばならず且つ加州の柑橘栽培家に広く用いられている.

5. 乳化 wax 法．洗滌した果実を乾かさずに用いるので果実を普通4%の乳化 wax に漬け暖かい風で乾かす法が一般に用いられ，業者は18～40%以上の固形物を含む乳化 wax を買い使用時には薄めるのであつて，加州の柑橘業者は主として Primafresh Wax Emulsion か Johnson's Recine を求めるとのことである．又 KLOTZ [7]は waxing する前に46%の Na_2CO_3を含んだ0.5%の石鹸液で洗うのを推奨しており，且つ余等の経験に依れば waxing 直後乾燥せしめないと腐敗を招く一原因となるから直に扇風器等に依り乾燥せしめねばならぬ.

供試材料並に実験方法

A. 供 試 材 料

1. 供試 wax.

a. 三協化学研究所製 Micron (乳化性wax)

b. 仝上，Hydro wax 二種 (後述)

c. 小豆郡池田町柴田保治より入手した愛媛県下にて多く使用する wax (以下愛媛waxと称す)

d. 独乙製 Paraffin

2. 果　　物

a. 長十郎梨．県下坂出市井上孝広園産

b. 二十世紀梨．仝　上

c. 横野柿，四ッ溝 (いずれも最優秀品)，東海近畿農業試験場園芸部産

d. 宮川早生温州．県下上笠居村八村幸男園産.

果実はいずれも収穫翌日供試す．但し興津産の柿は着荷後直に使用す.

B. 実 験 方 法

1. 前処理．果実をいずれも0.3%の"ワンダフル"ソープレス・ソープ液にて洗滌し，後水洗を充分行い，ガーゼにて水滴を拭い然る後 wax処理を行つた.

2. Wax 液の調製法.

a．Micron wax 5％液．三協化学研究所発行の使用書通り行つた．

b．Hydro wax 5％液（Ⅰ液と以下称す）．Hydro wax 5ccを60～65°Cの温湯95ccに溶かし冷却．

c．Hydro wax 5％液（Ⅱ液と以下称す）．1％の New-lex powder を溶かした湯95cc中 hydro wax 5gを入れ溶解せしめた．

d．Paraffin．Paraffin 20gをガソリン100ccの溶媒を用いて50～55°Cで液化したもの．

e．愛媛 wax．原液の儘使用．

3．処理及び区分．前処理を行つた果実を，それぞれ処理液をもつて1～4区迄は果実を浸漬し水滴をガーゼにて拭い風乾或は扇風器にて乾燥し薄箱に一列に並べ5区はガーゼに原液を浸して果実の表面に一様に塗り薄箱の内に同様並べ研究室の実験台上に静置し夜間のみ蓋をした．

註．実験開始年月日並に供試個数は各各実験結果中に明記した．

4．実験調査事項．

a．重量の変化．果実の重量を調査日の都度測定して減量歩合を％にて表わした．

b．腐敗果個数及び腐敗率

c．果実の成分変化

イ．糖分（ベルトラン法）

ロ．酸（N/10—NaOH）で滴定し，1.N—NaOHで表わした．

ハ．アルコール（比色法），0.005％～0.1％迄の基準液を作り，それに比色した．

ニ．アセトアルデハイド（Pipper定量法）

以上の調査以外に外観的観察を合せ行つた．

実　験　結　果

1．長　十　郎．

実験開始年月日．昭和30年8月18日．供試果数．各区10個

室内温度．25～28°C

第2表　減量歩合と腐敗率

調査月日＼調査事項＼区	無処理区 減量歩合	無処理区 腐敗変質果数	無処理区 腐敗率	Micron Wax区 減量歩合	Micron Wax区 腐敗変質果数	Micron Wax区 腐敗率	Hydro Wax(Ⅰ)区 減量歩合	Hydro Wax(Ⅰ)区 腐敗変質果数	Hydro Wax(Ⅰ)区 腐敗率	愛媛Wax区 減量歩合	愛媛Wax区 腐敗変質果数	愛媛Wax区 腐敗率
	%		%	%		%	%		%	%		%
25/Ⅷ	2.5	0	0	1.9	0	0	2.4	0	0	3.9	0	0
1/Ⅸ	7.5	0(5)	0	6.1	0	0	6.2	0	0	6.4	0	0
8/Ⅸ	10.0	4(3)	40	8.3	0	0	8.1	0	0	9.0	0	0
15/Ⅸ	16.8	2(4)	60	10.4	0	0	10.0	0	0	10.2	0	0

註（　）内は変質して商品的価値のないと認めたもの，（　）外は腐敗したものの数にて（　）内のものが次回調査日には腐敗したものもある．従つて（　）内の合計は供試数以上になる事も当然ある．

無処理区の果実は約2週間後より果皮が不鮮明な赤褐色に変じ，果肉は柔軟となり梨らしき肉質を失つた．3週間後には果皮は萎びかけ光沢を失い，全く商品としての価値がない．処理区はいずれも約40日後にも外観に異常を認めず著しい効果を見た．

第3表　糖分及び酸度

調査月日＼糖酸＼区	無処理区 還元糖	無処理区 蔗糖	無処理区 酸度	Micron wax区 還元糖	Micron wax区 蔗糖	Micron wax区 酸度	Hydro wax(Ⅰ)区 還元糖	Hydro wax(Ⅰ)区 蔗糖	Hydro wax(Ⅰ)区 酸度	愛媛Wax区 還元糖	愛媛Wax区 蔗糖	愛媛Wax区 酸度
18/Ⅷ	2.9	5.28	0.11	2.9	5.28	0.11	2.9	5.28	0.11	2.9	5.28	0.11
31/Ⅷ	4.3	7.61	0.25	3.9	7.74	0.18	2.5	8.94	0.16	3.2	8.23	0.12
15/Ⅸ	4.4	7.82	0.19	4.0	7.90	0.18	2.4	8.73	0.13	3.0	7.98	0.20

註．果汁100cc中の百分率，分析供試果数各2個

無処理区は糖分を増した感があつて且つ不快な酸味を感じた．処理区はいずれも澱分の臭味を感じた．

第4表　Alcohol 及び acetaldehyde の生成

区 / 調査月日	無処理区		Micron wax 区		Hydro wax(I)区		愛媛 wax 区	
	Alcohol	Acet-aldehyde	Alcohol	Acet-aldehyde	Alcohol	Acet-aldehyde	Alcohol	Acet-aldehyde
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
9/IX	0.6	7.338	1.6	10.420	1.2	12.669	0.8	11.961
15/IX	1.6	7.656	2.0以上	21.576	2.0以上	22.272	1.2	18.096

（註）果汁中の生産量であつて，果肉の量に換算する時は上記の数値より小さくなる．尚分析試料には果心を除いた．アルコール果汁100cc中の%，アセトアルデハイド果汁100cc中のmg．

Harley [2]等は洋梨 Bartlet 貯蔵中に発生する acetaldehyde の分析結果より軟化腐敗の原因がこれ等に基因する事を明にし，通常3 mg内外であるが腐敗の進行に伴つて15～25mgを超えることがあつて果心の腐敗部を分析する時は一層其の数値を大にすると，掛下[3]は苹果其他の果実にて alcohol 並に acetaldehyde の生成に就き研究し成熟と共に両者は増加し且つ分子間呼吸に依つても著しく増加するのであつて心腐りとは密接なる関係ある旨を報じている．

第4表に示すごとく本実験にて9月9日には処理区が無処理区に比し両者共多く生成せられ，9月15日の分析結果を見るに無処理区は9月9日に比し大なる差を認めないが，処理区はいずれも著しく増加し且つ心腐りを現わしていた．本実験は全く掛下の実験結果と一致した．無処理区は全く萎び外観極めて悪くなつたが心腐りの兆候は更に現われなかつた．

第5表　硬度の変化

本学樽谷助教授考案[15]の硬度測定器に依つて計り次表の結果を得た．

直径2 mmの球が果肉中に10mm入り込むに要する力を水のg数で表わした．

調査月日	測定部位 / 区	上 (g)	中 (g)	下 (g)	横 (g)
18/VIII		500	510	565	555
31/VIII	無処理区	405	450	425	450
〃	Micron区	650	565	600	675
〃	Hydro wax (I)区	520	540	590	575
〃	愛媛 wax 区	530	510	530	525

（註）上，横，下は普通に剝皮した果肉の部位を測定し，横は赤道線上を意味し，中は赤道線に沿つて横断し果肉の部位を指す．

果肉の硬度は個体に依り多少の差違は認められるが，概略舌上審査に一致し，2週間後には処理区と無処理区とは明に異なり，前者は処理前と殆ど変らないが，無処理区は非常に軟化していた．

結　論．長十郎の wax 処理は以上の結果よりして短期貯蔵即ち棚保ちをよくする程度には極めて効果的であるが，長期に亘り貯蔵する時は分子間呼吸を起し例え外観に変化を見なくとも alcohol 及び acetaldehyde の生成甚だしく商品的価値全くないようになる．

2. 二 十 世 紀

第6表 重量変化並に腐敗率

試験開始．昭和30年8月30日

貯蔵期間中の室温24°～30°C

調査月日＼調査事項＼区	無処理区 減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	Micron wax区 減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	Hydro wax(I)区 減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	愛媛wax区 減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率
	%		%	%		%	%		%	%		%
6/IX	1.54	0	0	1.00	0	0	0.8	0	0	2.30	0	0
13/IX	4.20	2	20	3.80	0	0	2.90	0	0	3.60	0	0
20/IX	8.10	2(3)	40	8.50	0(2)	0	6.60	0(1)	0	7.00	0(3)	0
27/IX	13.30	1(4)	50	10.90	2(3)	20	9.80	1(3)	10	10.50	2(4)	20.0

（註）（ ）内は腐敗迄には到着していないが商品的価値がないと認めたもの，供試数は各区10ヶ宛供試した．平均重量185g．

第6表に示すごとく水分の減少は1週間後には殆ど両者共変化なく，日を経過するに従い無処理区は減少甚だしく，腐敗果は無処理区に於て2週間後より漸次多くなり，4週間後には50%に達し，処理区は漸く20%に過ぎずして，外観は柴田[14]の実験結果同様無処理区は全く食欲を生じない程であつた．

第7表 糖 分

分析に供試した果数各区共2果宛

調査月日＼種類＼区	無処理区 還元糖	蔗糖	Micron wax区 還元糖	蔗糖	Hydro wax(I)区 還元糖	蔗糖	愛媛wax区 還元糖	蔗糖
31/VIII	3.30	5.62	3.30	5.62	3.30	5.62	3.30	5.62
11/IX	4.15	7.02	3.53	7.01	3.82	7.24	3.59	7.01
25/IX	5.04	9.98	4.82	8.96	4.16	9.23	4.02	8.64

（注） 果汁100cc中のg

糖分．水分の減少と共に糖分が増加するのは当然の事であつて，小島[5]の成熟中に於ける還元糖と非還元糖の変化の実験結果と同様，還元糖よりも庶糖の割合が多くなつて来ており第7表に示す通りである．

第8表 Alcohol 及び acetaldehyde の生成

調査月日＼種類＼区	無処理区 Alcohol	Acet-aldehyde	Micron Wax区 Alcohol	Acet-aldehyde	Hydro Wax(I)区 Alcohol	Acet-aldehyde	愛媛Wax区 Alcohol	Acet-aldehyde
	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg
1/IX	0.10以下		0.16		0.10以下		0.10以下	
10/IX	〃	0.707	〃	0.958	0.60	1.979	0.10	1.094
22/IX	〃	1.253	〃	1.462	2.00	2.373	0.60	1.838
3/X	〃	1.801	2.00	4.321	2.00以上	5.020	2.00以上	4.719

心腐りの発生と正比例するもので柴田[14]の実験結果同様2週間後迄は無処理区がかかる傾向を示し，其の後は処理区が一層第1図に示すごとく wax の種類如何を問わず甚だしく，従つて第8表に示すように両者の生成が多く分子間呼吸に依るものであろう．

第1図　5 週 間目

A：無 処 理 区　　B：Micron Wax区
C：Hydro Wax(Ⅱ)区　　D：愛媛 Wax 区

第9表　硬 度 測 定 結 果

調査月日	区 ＼ 調査部位	上 (g)	中 (g)	下 (g)	横 (g)
31/Ⅷ		560	485	540	545
14/Ⅸ	無 処 理 区	260	255	290	250
〃	Micron wax 区	480	425	500	460
〃	Hydro wax (Ⅰ)区	440	435	485	425
〃	愛 媛 wax 区	490	470	525	480

(註)　直径2mmの球が果肉中に10mm入り込むに要する水のg量

第9表に示すごとく無処理区は非常に柔軟になり，処理区はいずれも大なる変化を見なかつた．併し2週間後次第に軟くなつた．

結　論．長十郎の場合同様無処理区は2週間後に急に果皮が萎凋し商品価値を失うが，wax 処理区は4週間後になつて始めて心腐りが生じ，alcohol 及び acetaldehyde の生成甚だしく悪臭を放つに至る．

以上のごとく長期貯蔵にはいずれの wax 処理区も不適で効果なく，棚持ちを良くする点に於て幾分の効果を認めた．殊に黄変の遅れるのは wax 処理の大なる効果と云つてよい．

3. 早 生 温 州 (宮川早生)

第10表　重 量 の 減 量 歩 合 其 他

調査月日 ＼ 調査事項 ＼ 区	無処理区			Micron wax 区			Hydro wax (Ⅰ)区			Hydro wax (Ⅱ)区			愛媛 wax 区		
	減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率	減量歩合	腐敗変質果数	腐敗率
	%		%	%		%	%		%	%		%			%
31/Ⅹ	3.44	0	0	1.28	0	0	1.03	0	0	2.95	0	0	3.16	0	0
10/Ⅺ	6.86	0(2)	0	3.96	0	0	3.47	0	0	5.38	0	0	5.33	0	0
21/Ⅺ	10.24	0(3)	0	4.83	0	0	5.81	0	0	6.43	0	0	6.12	0	0
1/Ⅻ	15.28	2(3)	20	6.06	0	0	6.31	0	0	7.42	0(2)	0	7.53	2(1)	20

(註)　10月21日処理，室温10°～20°C　供試果数各区18個

宮川早生は一般に店頭にて7～10日間を経過すれば萎凋し商品価値を失うものとの定評があるが，本実験は全くかかる事実を証明し処理区は3週間迄は何等変なく商品的価値を充分備えていたが,其の後愛媛 wax 及び Hydro wax(Ⅱ)区は萎び始め40日后に最も効果を示したのは Micron wax 区及び Hydro wax(Ⅰ)区であつて，無処理区は果皮が萎びた計りでなく萼も小さく萎びた．

第11表　糖 分 及 び 酸 度

調査月日 ＼ 糖・酸 ＼ 区	無処理区			Micron 区			Hydro wax (Ⅰ)区			Hydro wax (Ⅱ)区			愛媛 wax 区		
	還元糖	非還元糖	酸度	還元糖	非還元糖	酸度	還元糖	非還元糖	酸度	還元糖	非還元糖	酸度	還元糖	非還元糖	酸度
25/Ⅹ	2.77	5.22	1.00	2.77	5.22	1.00	2.77	5.22	1.00	2.77	5.22	1.00	2.77	5.22	1.00
10/Ⅺ	2.87	5.41	1.34	3.11	5.26	1.02	3.07	5.41	1.07	3.01	5.28	1.02	2.95	4.41	1.21
30/Ⅺ	3.01	6.11	1.51	3.43	5.72	1.03	3.35	5.72	1.10	3.21	5.28	1.02	3.02	4.63	1.03
16/Ⅻ	3.21	6.91	1.84	3.74	5.84	1.07	3.85	5.70	1.02	3.43	5.14	1.05	3.09	4.21	1.51

(註)　果汁100cc中%，分析供試果数2ヶ宛

分析結果は第11表のごとくであり，舌上調査並に外観上より比較すれば3週間後には無処理区は酸味を増し，不快な味を呈し，糖並に酸共に大なる変化なく一般に大味となり，40日目には Hydro wax(Ⅱ)区及び愛媛 wax 区は酸並に糖は比較的少なく大味となり且つ貯蔵蜜柑の臭味をなし，Micron と Hydro wax(Ⅰ)区は50日後にも果皮は緊張しているが貯蔵蜜柑の臭味と大味になつた．

本実験にて残念な事は alcohol 並に acetaldehyde の定量を都合に依つて省いたことであるが上述の現象が2ヶ月後に現われ或は貯蔵蜜柑の臭味を生じて来たのは確に両者の生成が盛になつた証拠である．

4. 柿

第12表　重量の変化其の他

品種，四ツ溝　各区10ケ宛　10月25日処理

区	無処理区			Micron wax区			Hydro wax(Ⅰ)区			Hydro wax(Ⅱ)区			愛媛 wax区			Paraffin 区		
	減量歩合	腐敗	乱熟歩合	減量歩合	腐敗	乱熟歩合	減量歩合	腐敗	乱熟歩合	減量歩合	腐敗果数	乱熟歩合	減量歩合	腐敗果数	熟乱歩合	減量歩合	腐敗果数	乱熟歩合
25/X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/XI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8/XI	2.5	0	0	2.0	0	3	1.9	0	2	2.0	0	1	2.1	0	2	1.2	0	3
15/XI	7.8	0	2	4.0	0	5	3.7	0	4	3.9	0	2	3.5	0	3	2.4	0	4
22/XI	12.3	0	3	5.9	1	9	5.6	1	6	7.3	2	5	4.2	5	5	3.7	3	7
品種．横野																		
25/XI	1.4	0	0	3.4	0	1	1.2	0	2	0.9	0	1	1.5	0	1			
7/XII	4.5	0	1	6.2	0	5	3.7	0	7	2.9	0	6	3.8	0	5			

柿を wax処理に依り果実内の分子間呼吸を起さしめ alcohol 並に acetaldehyde の生成を多くして渋柿の脱渋に応用するを目的として本実験に着手したが予想に反した逆効果を得た．

重量の変化は2週間後に現われ，乱熟果は処理区に4週間目に甚だしく増加し50%余に達した．無処理区は重量の変化は甚だしいが乱熟果は少なく4週間に漸く30%に達した．両区共に脱渋は全くしていなかつた．

顕微鏡実験は詳細に行わなかつたが，果皮に完全な気孔はなく，萼，果柱にて呼吸しているものらしく wax のため呼吸は閉鎖され，分子間呼吸を起すもののごとく見えるが，他果実と異なり alcohol 及び acetaldehyde の生成極めて少ないのがいずれに基因してるかは全く不明である．

第13表　Alcohol 並に acetaldehydeの生成

月日 ＼ 区	種類	無処理区	Micron wax区	Hydro wax(Ⅰ)区	Hydro wax(Ⅱ)区	愛媛wax区
		%	%	%	%	
24/XI	還元糖	3.26	3.11	2.98	2.82	3.08
7/XII	〃	3.41	3.07	3.02	2.77	3.07
24/XI	非還元糖	7.59	7.29	7.14	6.01	7.51
7/XII	〃	7.73	7.04	7.21	6.38	3.61
24/XI	酸度	0.20	6.14	0.12	0.21	0.15
7/XII	〃	0.18	0.19	0.18	0.26	0.11
24/XI	Alcohol	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下
7/XII		0.042	0.063	0.067	0.077	0.041
24/XI	Acetaldehyde	0.36	0.66	0.54	0.48	0.53
7/XII	〃	0.41	0.57	0.71	0.67	0.62

第13表を見るに糖類の変化は極めて少なく alcohol 及び acetaldehyde の生成は予想に反し少なく乱熟果の処理区に於て多く発生するのは他果実と異なり両者の生成に基因するものでなく他に原因を探求せねばならぬ．且つ脱渋作用即ち溶解性タンニンを不溶解性にするだけの量が生成せられないように考えられ，掛下[3]は此の事実に

就いて直接柿渋5ccに0.02～0.03ccを加える時は5時間後に完全に凝固すると称し，熊谷，田崎(15)は分子間呼吸に依り生ずる aldehyde その他に依り完全に溶解性タンニンは不溶解性に変じて脱渋するものであると称しているが，樽谷(16)の実験結果に依れば aldehyde の生成量と脱渋とは必ずしも一致せず，更に脱渋に就ては其の理論が判明しないと云つてよい．

今回の実験結果より推定すれば wax 処理と脱渋作用とは何等関係なきがごとく推知せらるゝが，併し wax の%を増減すれば必ず waxing に依つて脱渋は簡単に行うことの可能なるを推定すべく後日の研究に譲る．

考　　察

本実験は梨長十郎，二十世紀，早生温州宮川早生及び柿四ッ溝，横野にて行い，其の他リンゴ祝，枇杷田中及び柑橘八朔にても施行したが後3者に就ては其の結果を発表せず後日に譲つた．いずれも長期貯蔵は例え外観は収穫当時と同様であるが肉質全く変化し商品価値を失うに至るは高橋(17)の温州蜜柑に対し硼砂の影響と同一であつて今後の研究に待たねばならぬ．併し早生温州の短期貯蔵即ち棚持ちを良くするには極めて効果的で，松本(8)の実験結果と全く一致し，棚持ちを良くするだけでも非常に waxing は実用価値を増すものと確信する．次に効果を示すは梨二十世紀で之れ又果面の黄変化を防ぎ2週間以内なれば青味を存し，新鮮味を保つものであるから商品価値を高めるものであるが，いずれも wax の濃度を詳細に亘り実験するが必要あるものごとく，今回の実験結果より推察すれば各種 wax の内いずれが最も優位を占むるかは判断に苦しむものであるが，wax としてはやや古式のMicronが総体的にやや優れているかの感を見るもので，各 wax に依り waxing の濃度に差を生ずるのは当然であるが本実験にては従来指示されている濃度に依つたのであり，実験の結果よりしては各 wax 間の優劣は決定する事が出来ない．

以上述べたごとく waxing は果面の色沢の促進を抑制するがごとく推定されるが，これ又一利一害で二十世紀梨にては極めて有効的で永く新鮮味を保ち商品的価値を高める．併し早生温州にては依然として収穫当時の色沢を保持し普通温州の出荷させる当時に於ても尚青味が果面に残り，一目瞭然として早生温州たることが判明し，商品的価値を殺減するものではなろうか．（追加 昭和31年秋季井関早生を供試し某国産waxにて前年通り処理した処，着色が無処理同様進行したのは wax の種類に依るか或は気温状態に依るかは不明で各地の実験結果より判断するの外ない（31年11月7日）．柿は他の果実と正反対で今後一層研究を要するもので，waxing に依り aldehyde の生成少なく軟化の原因が他にあるもののごとく，wax の種類及び濃度，方法に改良を加える時は他果実同様aldehyde の生成を多くならしめて脱渋作用を行わしむること決して夢想でなく，今後の研究を期待する．

摘　　要

1）．本実験は昭和29年12月より昭和30年末に至る1ヶ年の実験結果で，waxing の果物の種類に依り如何なる影響を貯蔵に及ぼすかを確かめんとして wax は三協化学研究所製の Micron wax 5%液，Hydro wax 5%液，1% New-lex powder を溶かした Hydro wax，愛媛県下にて多く使用されつゝある wax（商品名不明）及び Paraffin（Merck 製m.p.56～58°C） 5%液の5種類を使用し，果実は梨長十郎，二十世紀，柿四ッ溝，横野及び早生温州宮川早生を使用した．

2）．梨の waxing はいずれも約2週間は新鮮味を保ち商品価値を失わず且つ果面の色沢も進行せず，4週間後には相当量の aldehyde 生成せられ，殊に長十郎にては殆ど20mg以上の生成を見，全く商品的価値を失つた．

備考．aldehyde を検出するに当つては心腐りの部分は省いた．

3）．早生温州は約1ヶ月間の貯蔵にては外観並に肉質共に変化を見なかつた．果面の色沢も梨同様余り進行を見ない．（107頁22行目「追加」参照されたい）

以上を総合すれば waxing は果実の外観には極めて好影響を及ぼすが，いずれも長期間に亘る時は肉質に変化を及ぼし，棚持ちを良くするには極めて効果的で殊に早生温州にては大に励行すべきものである．

4）．柿の waxing は他果実と異なり aldehyde の生成少なく且つ乱熟すること早く，其の原因は全く不明で今後の研究に待つの外なく，殊に waxing に依る脱渋作用は今後大に研究すべき点である．

Literature Cited

1. Cothron：(三協化学研究所訳)：Wax Coloring for Fruit. The Chemistry and Technology of Wax.(1950).
2. Harley, Fisher：(松岡喜惣治訳)：貯蔵中の洋梨に発生するアルデハイドと軟化腐敗の関係，農及園,3(6),(1928).
3. 掛下謹次郎：二三果実の貯蔵及び成熟過程中に於けるアルデハイド及びアルコール量の消長，農及園,5(9),(1930).
4. 熊谷八十三，田崎桂一郎：柿の脱渋前後に於ける糖分及び単寧の増減に就て（予報），農学会報，236,(1922).
5. 小島博：梨果の発育と化学成分の変化に就て，農化,9,(1933).
6. 胡 昌 熾：私信（1955).
7. Klotz, L. T.：私信（1955).
8. 松本熊市：果実類のワックス処理，果実日本，11(5),(1956).
9. …………：果実のワックス処理の効果，園芸日本,2(1),(1954).
10. …………：果実及び蔬菜貯蔵研究，(1951).
11. 宮本 保：柑橘のワックス処理，果実日本,9(10),(1954).
12. 野呂癸巳次郎：果物のワックス処理が棚持ちに如何に影響するか，農業技術研究,9(4),(1955).
13. Scharma：Reprint from ALBIN WARTH：The Chemistry and Technology of Wax.(1950). 三協化学研究所印刷物,(1955).
14. 柴田保治：柑橘のワックス処理に関する研究，本学昭和29年卒業論文,(1955).
15. 樽谷隆之：果実ゼリー製造に関する研究．果実ゼリー膠化力新測定法に就て，園芸学会雑誌,23(1),(1954).
16. …………：未発表.
17. 高橋郁郎：柑橘の腐敗予防上に関する二，三の実験，園芸の研究,22(1),(1927).

Résumé

FROM THE ECONOMIC STANDPOINT, THE WAXING OF THE SAND PEAR AND WASE UNSHU (A STRAIN OF THE SATSUMA ORANGE) SHOULD BE DONE BEFORE THE FORWARDING. THE WAXING OF THE KAKI ASTRINGEN VARIETIES DISPLAYFD THE REVERSED RESULTS.

1). This study was carried out from Dec. 1954 to Dec. 1955. As recently the waxing of the fruit and especially Satsuma orange has been come into operation in Ehime prefecture, we experimented in Noro's laboratory to determine the extent of the effectiveness of waxing on the other fruit (astringent varieties yokonokaki, Yotsumizokaki, sand pear Chojuro, Nijisseiki, Wase unshū).

The kinds of wax used in this experimentation are as follows:

Micron was 5% solution (made in Sankyō Chemical Institute, Tokyo), Hydro wax 5% solution (the same as the above), Hydro wax+New-lex power 1% solution (the same as the above), wax which is used in Ehime Prefecture (the commercial name is unknown) and paraffin (made by Merck Co. m.p.56-58°C).

2). The waxing of the sand pear keeps the fresh appearance and retards the coloring of the fruit within two weeks. After four weeks, some quantity of aldehyde were formed especially reached to 20mg in Chojuro pear and in economic value it is highly destructive.

Reference: When the fruit was analysed, the portions of the core which were broken down were not used.

3). Wase unshu from wax coated plot did not displayed any destruction on the appearance and the inner part for about one month, notwithstanding the rind of the check fruit shrived at the show-window within one week.

Judging from the above stated theory, the wax coating effects good results on the appearance of the fruit, but the juice of it is reduced greatly and from economic standpoint, we are to have a serious problem. This condition may occur after the long storage. Therefore, we recommend that the waxing of the sand pear and wase unshū should be done before the forwarding.

4). The waxing of the astringent varieties displayed the reversed results. The formation of the aldehyde in the pulp from waxed fruit was very little and the fruit was soften within only few days.

2,4-D散布回数と稲胡麻葉枯病発生との関係

内藤 中人，石井 清隆，岡崎 富栄

Studies on the relation between the frequency of 2,4-D spray and the outbreak of Helminthosporium blight in rice plants.

Nakato NAITO, Kiyotaka ISHII and Tomiyoshi OKAZAKI

(Laboratory of Phytopathology)

(Received August 9, 1956)

2,4-Dを稲苗の茎葉に散布してから稲胡麻葉枯病菌（*Cochliobolus*（*Ophiobolus*）*miyabeanus* DRECHSL. ex DASTUR）を接種すると，本病の発生が減少することについては，すでに報告したところである[2]．しかし，これは種種の濃度の2,4-Dを毎日1回，連続5日間散布した場合の成績である．その後，散布回数との関係についても実験をすすめるとともに，2,4-Dが本病発生を減少せしめる原因の解析に資するため，供試散布濃度の2,4-D液中における本病原菌分生胞子の発芽状態をもしらべたので，それらの概要をのべることとする．

1. 実験材料と実験方法

供試した水稲品種は名倉穂* である．本品種は昭和14年4月香川県の奨励品種に加えられたもので，晩生，稈長中位，分蘖多く，穂首イモチに対する抵抗性大などの特性を有する．土壌は水田あるいは畑の土壌を蒸気消毒して用いた．1,000倍の昇汞液に30分間浸漬，水洗した籾種を，直径約15cmの植木鉢に30粒ずつ播種し，鉢の底部のみを水槽に浸し，苗が30−40cmの大きさに達したとき供試した．なお本実験は，2,4-Dの稲体散布と本病発生との関係の究明に主体をおいたから，2,4-Dが土壌中に滲透するのをなるべく避けるために，稲株の株間にはあらかじめ綿をつめて土壌の表面を覆つておき，2鉢ずつ同剤水溶液を散布し，2,4-D-無散布の標準区には等量の水を散布した．所定の散布を終了した翌日，稲胡麻葉枯病菌分生胞子の懸濁液20−25ccをもつて2鉢ずつ噴霧接種した．分生胞子懸濁液の濃度は，実験ごとの多少の不均一はまぬがれなかつたが，150倍の顕微鏡1視野に約5−10コのものである．接種後は直ちに湿室に移し，季節により16−20時間保つてからとりだし，露の乾くのを待つて綿をとり除いた．季節に応じて接種後4−7日目に，形成された病斑数ならびに病斑の大きさを調査したのであるが，病斑の大きさのみは，各区とも1鉢5株，2鉢合計10株についてその長径をルーペにより測定した．そして，0−0.5, 0.5−1.0, 1.0−1.5, 1.5−2.0, 2.0−2.5mmのそれぞれの階級に属する病斑数に各階級の中間値0.25, 0.75 1.25, 1.75, 2.25をそれぞれ乗じたものの和を，病斑総数で除して平均値を求め標準無散布区と比較した．使用した2,4-DNa塩は市販の日産化学製品で，Na塩としての純度は88.86 %であつたから，本報に示す2,4-Dの濃度は，この含量を基準として表わした．

2. 実験結果と考察

(1) 散布回数と発病との関係

昭和29年夏季，第1表のような設計のもとに，常用除草濃度に近い0.05 %2,4-D液を1−5回連続散布してから病原菌を接種し，2,4-D散布回数と本病発生との関係をしらべた．実験は6回くりかえしたのであるが，その結果は第2表のとおりである．すなわち，1回散布区において6回実験中2回まつたく病斑減少の効果が認められなかつた以外は，各散布区とも標準無散布区にくらべて病斑数の少ない点では，6回実験とも一致している．また，散布回数の多いものほど，だいたいその傾向もいちじるしい．つぎに，病斑の大きさにおよぼす影響をみると，3回以上の散布区ではすべて，各回とも病斑の大きさが小さくなつているが，1回散布区では6回実験のうち2回，2回散布区では1回，そのような傾向がみられなかつた．

---

* 本学農場の宮本重太郎講師より種子の分譲を賜つた．

第1表　2,4-D散布ならびに接種の順序

実験区	実験施行日					
	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日
5回散布区	※	※	※	※	※	◎
4回〃		※	※	※	※	◎
3回〃			※	※	※	◎
2回〃				※	※	◎
1回〃					※	◎
標準区						◎

備考：※2,4-D散布，◎病原菌接種

第2表　0.05%2,4-D液の連続散布回数と稲胡麻葉枯病発生との関係

実験回数	実験区	供試苗数	平均草丈（cm）	1株当り総葉長（cm）	病斑数		病斑の大きさ	
					葉長10cm当り病斑数	同対標準区指数	1コ当り病斑長径（mm）	同対標準区指数
1	標準区	41	35.5	76.8	6.27	100	0.78	100
	1回散布区	33	36.1	72.8	6.98	113	0.83	106
	2回〃	47	37.1	79.1	4.74	76	0.74	95
	3回〃	49	34.1	77.5	3.92	63	0.68	87
	4回〃	45	34.0	70.3	5.48	87	0.70	90
	5回〃	40	31.5	68.4	3.55	57	0.66	85
2	標準区	53	43.3	66.6	1.72	100	0.82	100
	1回散布区	48	44.6	35.9	1.74	101	0.72	88
	2回〃	39	47.7	74.7	0.89	52	0.82	100
	3回〃	37	42.7	70.6	0.74	43	0.71	87
	4回〃	41	41.8	68.5	0.66	38	0.61	74
	5回〃	30	43.2	74.5	0.62	36	0.60	73
3	標準区	44	52.1	110.6	4.29	100	0.92	100
	1回散布区	40	46.6	90.0	3.03	71	0.88	96
	2回〃	50	42.6	88.6	2.67	62	0.86	94
	3回〃	54	42.3	80.9	2.24	52	0.82	89
	4回〃	42	43.5	77.8	1.69	39	0.71	77
	5回〃	38	38.2	73.8	1.30	30	0.77	84
4	標準区	38	49.0	112.8	3.67	100	0.59	100
	1回散布区	36	49.1	96.3	3.57	97	0.65	110
	2回〃	46	45.4	79.7	2.90	79	0.55	93
	3回〃	44	40.8	78.9	2.78	76	0.58	98
	4回〃	36	42.0	63.3	1.98	54	0.53	90
	5回〃	38	41.9	81.9	1.69	46	0.54	92
5	標準区	104	48.5	85.2	8.14	100	1.95	100
	1回散布区	86	47.2	82.0	6.32	78	1.51	77
	2回〃	96	53.0	93.8	3.76	46	1.43	73
	3回〃	108	49.7	90.1	2.62	32	1.29	66
	4回〃	102	48.1	79.3	2.23	27	1.28	66
	5回〃	106	50.7	93.5	1.23	15	1.03	53
6	標準区	44	49.4	88.4	5.84	100	0.84	100
	1回散布区	42	47.7	80.3	4.23	72	0.82	98
	2回〃	42	50.9	91.4	3.18	54	0.77	92
	3回〃	31	42.3	88.6	2.66	46	0.76	90
	4回〃	42	51.7	83.7	1.86	32	0.74	86
	5回〃	40	46.7	75.4	1.31	22	0.69	82
6回合計平均	標準区	324	46.3	90.0	4.99	100	0.98	100
	1回散布区	285	45.2	82.7	4.31	86	0.90	92
	2回〃	320	46.1	84.5	3.02	61	0.86	87
	3回〃	323	42.0	81.1	2.49	50	0.81	83
	4回〃	308	43.5	73.8	2.32	47	0.76	77
	5回〃	292	42.0	77.9	1.62	33	0.72	74

備考：接種月日は1，29/Ⅵ，2，16/Ⅶ，3，27/Ⅶ，4，5/Ⅷ，5，31/Ⅷ，6，15/Ⅸ1954.

(2) 1回散布の場合の発病と濃度との関係

0.05%2,4-Dを 1回散布するだけでは， 6回実験のうち2回まつたく病斑数減少の傾向を認めなかつた前実験の結果にかんがみ，1回散布の場合の2,4-D濃度と発病との関係を明らかにするため，0.05，0.1，0.15，0.2，0.25%の各種濃度の2,4-D液を 1回散布して発病との関係を調査した．その他の実験方法は前述のものと同様である．昭和30年夏季に4回くりかえした実験結果は第3表のとおりである．すなわち，散布区の病斑数がどの2,4-D濃度区においても標準無散布区にくらべて少ないことは，4回実験とも一致しており，且つだいたい濃度の高くなるにつれてその傾向も大きい．病斑の大きさについては，4回のうち3回測定したのみであるが，供試濃度のうち最高の0.25%区にあつては，各回とも明らかに病斑が小さかつたのに対し，他の濃度では3回のうち2回，このような傾向を示したのみであつた．

第3表 1回散布の場合の2,4-D濃度と稲胡麻葉枯病発生との関係

実験回数	実験区	供試苗数	平均草丈(cm)	1株当り総葉長(cm)	病斑数		病斑の大きさ	
					葉長10cm当り病斑数	同対標準区指数	1コ当り病斑長径(mm)	同対標準区指数
1	標準区	71	42.8	92.3	16.20	100	0.56	100
	0.05%区	66	43.4	93.3	9.55	59	0.47	84
	0.10 〃	72	42.7	97.6	8.48	52	0.52	93
	0.15 〃	65	40.7	96.3	10.60	65	0.51	91
	0.20 〃	70	41.4	86.0	6.56	41	0.49	88
	0.25 〃	70	45.3	97.8	3.94	24	0.53	95
2	標準区	69	46.5	101.3	16.24	100	0.53	100
	0.05%区	70	45.8	105.6	7.39	46	0.62	117
	0.10 〃	65	48.3	117.9	8.15	50	0.68	128
	0.15 〃	75	49.0	109.1	3.84	21	0.66	125
	0.20 〃	67	45.1	112.1	3.32	20	0.76	143
	0.25 〃	68	46.4	107.1	2.46	15	0.44	83
3	標準区	64	45.5	97.5	28.44	100	0.66	100
	0.05%区	64	48.6	106.3	11.95	42	0.52	79
	0.10 〃	67	45.1	102.8	7.46	26	0.48	73
	0.15 〃	68	43.5	100.7	5.55	20	0.47	71
	0.20 〃	70	41.6	96.6	5.16	18	0.55	82
	0.25 〃	30	48.6	107.4	1.80	6	0.51	77
4	標準区	59	40.9	84.5	2.37	100		
	0.05%区	59	43.3	90.5	2.07	87		
	0.10 〃	56	38.3	81.7	1.74	73		
	0.15 〃	59	41.6	87.5	1.20	51		
	0.20 〃	56	41.4	83.3	1.00	42		
	0.25 〃	58	41.5	81.9	0.81	34		
4回合計平均	標準区	263	44.0	94.2	16.52	100	0.58	100
	0.05%区	259	45.3	99.2	8.01	49	0.54	93
	0.10 〃	226	43.8	100.6	6.93	42	0.56	97
	0.15 〃	260	43.4	99.1	5.38	33	0.55	95
	0.20 〃	267	46.2	94.9	4.17	25	0.60	103
	0.25 〃	263	45.1	97.8	2.47	15	0.50	86

備考：接種月日は1，24/Ⅷ，2，8/Ⅸ，3，12/Ⅸ，4，20/Ⅸ1955．

(3) 稲胡麻葉枯病菌分生胞子の発芽におよぼす2,4-Dの影響

以上の2実験により，0.05%以上の2,4-D濃度であれば，1回散布するだけでも病斑数は減少の傾向を示すものと言えよう．そしてこの場合，本菌分生胞子の発芽に対する同剤の抑制作用にその一因があるのではないかとの疑いも当然抱かれたので，同濃度のものを使用して，点滴法により25°C，12時間後における分生胞子の発芽状態をしらべてみた．実験は3回くりかえしたのであるが，その結果は第4表のとおりである．すなわち，各濃度区とも標準区よりも発芽率低く，しかも濃度の高くなるほど，だいたいその程度もいちじるしい．平均発芽管長においても同様の傾向が認められた．この結果は遠藤ら(1)の報告とほぼ一致しているが，100倍液でも発芽を害しなかつたという山仲(4)の結果とは異なつている．しかし，2,4-Dの種種の病原菌に対する作用は，同一菌，同一濃度の場合でも，pH，温度，栄養源，菌の age などによつて非常に左右せられることを確かめているので，このような

環境条件の差異にもとづくものかもしれない．それはともかくとしても，以上の諸実験の結果から推して，少なくとも本研究に供試したような比較的高濃度の場合には，2,4-D散布によつて本病の発生が減少する1因を，同剤の本菌胞子に対する抑制作用に帰しうるように思考する．ただし，オリーブ炭疽病菌（*Gloeosporium olivarum* ALM.）を2,4-D添加培養液に培養すると，一種の抗生物質が生成せられ，本菌に対する同剤の抑制作用は主として該抗生物質にもとづくことをすでに明らかにしている(3)．したがつて，本菌分生胞子に対する2,4-Dの抑制作用も，胞子に対する直接的作用というよりも，発芽に際し2,4-Dの存在により生成の誘致せられるある種の抗菌性物質に主因があることも予想されるが，これらについては今後の研究に譲ることとする．

第4表　稲胡麻葉枯病菌分生胞子の発芽におよぼす2,4-Dの影響

（25°C，12時間後）

2,4-D濃度	実験回数	測定胞子数	発芽胞子数	発芽率(%)	平均発芽管長(μ)
標準区	1	903	776	85.9	460
	2	922	839	91.0	500
	3	3,805	3,248	85.3	1,258
	合計	5,630	4,863	**86.4**	**739**
0.05%	1	989	745	75.3	411
	2	1,065	853	80.1	483
	3	2,582	1,738	67.3	827
	合計	4,636	3,336	**72.0**	**574**
0.10%	1	1,120	669	59.7	385
	2	2,566	1,200	46.7	230
	3	2,693	1,641	60.9	660
	合計	6,379	3,510	**55.0**	**425**
0.15%	1	1,742	571	32.7	345
	2	1,513	615	40.6	220
	3	3,814	1,929	50.6	503
	合計	7,069	3,115	**44.1**	**356**
0.20%	1	1,410	467	33.1	253
	2	2,517	892	35.4	158
	3	2,539	1,145	45.1	423
	合計	6,466	2,504	**38.7**	**278**
0.25%	1	1,099	188	17.1	190
	2	2,023	531	26.2	102
	3	4,529	1,655	36.5	408
	合計	7,651	2,374	**31.0**	**233**

摘　　　　要

1．0.05%の2,4-D水溶液を1日1回，1，2，3，4，および5日間にわたつて連続的に散布してから，稲胡麻葉枯病菌（*Cochliobolus miyabeanus*）を接種すると，散布回数の多いものほど病斑数は減少する．また，散布回数が3回以上の場合には，病斑の大きさもやや小さくなる．

2．0.05，0.1，0.15，0.2および0.25%の各種濃度2,4-D液を1回散布した場合には，濃度の高いものほど病斑数が少なく，0.25%区では明らかに病斑も小さい．

3．本菌の分生胞子は，上述散布濃度の2,4-Dにより発芽ならびに発芽管長の伸長を抑制せられるので，2,4-D散布により本病の発生が減少する一因は，同剤の本菌胞子に対する抑制作用にもとづくものであろう．

引　用　文　献

(1) 遠藤茂，森本泰治：栃内吉彦，福士貞吉両教教還暦記念論文集，164−166，札幌，北海道大学農学部(1955)．

(2) 内藤中人，高井省三：香川農大学術報告，**6** (1)，66−79 (1954)．

(3) ——，谷利一：同上，**7**(1)，41−50 (1955)．

(4) 山仲巖：日植病報，**19** (3,4)，168 (1955)．

Résumé

The relation between the frequency of 2,4-D spray and the outbreak of Helminthosporium blight in rice plants was studied with pot culture. To prevent chemical contamination upon the soil, the rice pots had been previously covered with cotton between the basal part of plants until the thorough dryness of 2,4-D which was thereafter sprayed on leaves and stems of rice plants 30–40 cm in tall before inoculation of the pathogen.

When 0.05% 2,4-D solutions were applied once a day for 1, 2, 3, 4 and 5 days successively, the number of lesions per unit length of the leaf was found in general to decrease gradually with the increasing frequency of application. In the case of 3 times or more, the size of lesions was also smaller in comparison with that of control. When rice plants were sprayed only one time with different concentrations of 0.05, 0.1, 0.15, 0.2 and 0.25% respectively, the results showed a decreasing number of lesions with the increase of concentration, and the lesions in 0.25% were distinctly smaller in size than those of control.

Since the conidial germination of the pathogen is retarded in concentrations of 2,4-D above stated, a part of the cause in the reduction of disease on rice plants treated with this chemical would be attributable to its inhibitory activity upon the fungus.

柿炭疽病菌の培地上の性質並びに同菌有傷接種による柿果上での病斑進展と分生胞子形成の品種間差異について

谷　　　利　一

Some cultural characters of *Gloeosporium kaki*, and varietal differences in the development of affected lesions as well as in the sporulation on kaki fruits infected by the causal fungus.

Toshikazu TANI (Laboratory of Phytopathology)

(Received August 9, 1956)

I　緒　　言

柿炭疽病はわが国における果樹重要病害の一つにかぞえられており，当地方における被害も極めて大きい．本病に関しては，すでに鋳方[1]の詳細な研究があるが，その後の研究は主として防除面にとどまり，系統的な研究はなされていない．最近，多くの研究者により，病害の品種間抵抗性機作がとりあげられてきているが，筆者も本病に対する抵抗性が柿の品種により著しくことなるのにかんがみ，本病を生化学的見地より追求すべく研究に着手した．本論文は，病原菌の培地上における性質，各品種柿果に有傷接種した場合の病斑の伸展並びに胞子形成について記述したものである．

本文を草するにあたり，指導と鞭撻をたまわつた本研究室内藤中人教授に謝意を表すると共に，本研究遂行に種種便宜をたまわつた農学部長黒上泰治博士，又供試柿果を分譲された岡山県立農業試験場長鋳方末彦博士，笠田高等学校関友明教諭並びに本学附属農場の諸氏に対し深謝する．

II　本菌の培地上の性質

(1)　菌の発育と培地種類との関係

常法により各種液体並びに寒天培地を作成し，菌体の発育を比較した．供試菌は本研究室で1955年8月30日に罹病富有果実より分離したもの（1号菌）で，接種には菌叢の先端を用いた．富有果肉熱水抽出物は，富有柿の果肉（11月11日採取）3 kgに蒸溜水6 Lを加えて磨砕後3時間煮沸して遠心分離して抽出液をとり，残渣に再び同様操作を2回繰返し，これら抽出液をあわせて減圧濃縮により水分を除去したものである．その収量は600gであつた．これを蒸溜水で所定量に稀釈して培地としたが，その際少量の沈澱を生ずるので使用前に一度濾過した（抽出物を原濃度に稀釈すれば20%溶液となる）．実験結果は第1，2表に示す通りである．即ち，固体培地ではいずれも

第1表　各種寒天培地における菌叢直径（mm）　　　（1区3コ，3回平均）

蔗糖加馬鈴薯煎汁	稀薄醤油	10%FH	20%FH	Richards	Czapek	倍量peptone加用	peptone加用*
61.5	55.6	58.0	47.0	62.0	63.0	65.3	52.0

備　考；培養条件—25°C，5日間

*peptone 1%，sucrose 2.5%，KH_2PO_4 0.05%，$MgSO_4$ 0.02%

第２表　各種液体培地における菌の発育　（１区２コ，３回平均）

培地種類	培養前pH	培養後pH	乾燥菌体重（mg）
蔗糖加馬鈴薯煎汁	6.2	6.2	238.8
稀薄醤油	5.0	6.1	494.5
20%FH	4.4	6.3	149.2
Richards	4.6	5.8	153.8
Czapek	6.8	6.8	163.2
倍量peptone加用	5.2	4.6	234.5

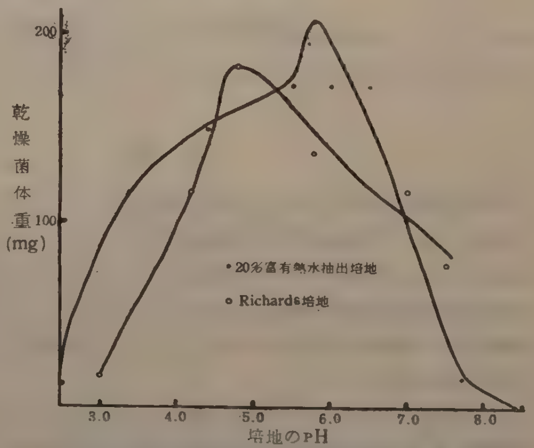
備　考；200ml容三角フラスコに30mlの培地を分注し，25°Cで７日間培養した．

本菌の発育は良好であるが，20%富有熱水抽出物添加培地（20%FHと略す）では少し悪い．液体培地では稀薄醤油培地が最もよく，蔗糖加馬鈴薯煎汁，peptone加用合成培地がこれにつぎ，Czapek，Richards及び20%FHの各培地はやゝ劣つている．北島[2]は桃の炭疽病菌の発育が培地中のpeptone量に反比例するとのべているが，本菌ではそのような傾向はみられなかつた．なお，菌叢の状態，色調等は鋳方[1]の菌とほぼ一致していた．

(2)　菌の発育とpHとの関係

Richards, 20%FHの両培地をそれぞれN-NaOH又はN-H_2SO_4で各種pHに調整した．Richards培地のpH-7.0と8.0区は白色の沈澱を生じたが，そのまま培地として使用し，菌体濾過の際に傾斜法により菌体と沈澱物を分別した．又，20%FH培地のアルカリ側では加熱によるpHの低下がはなはだしいので，できるだけこれを防ぐため，100°C 1時間で２回殺菌後pHを調整し，更に100°C15分間殺菌した．

菌体発育の最適pHは20%FH培地では5.8にあつたが，Richards培地ではそれよりやや酸性に傾き4.8にあつた（第１図）．pH7.0以上では急激に発育は悪くなるが，pH2.5でもわずかに発育しているから，本菌は酸性培地を好むものと言えよう．



第１図　菌の発育に及ぼす培地pHの影響
（培養条件は第２表に同じ）

Ⅲ　有傷接種による柿果上での病斑の進展及び分生胞子形成の品種間差異

1955年９月26日に岡山県立農試果樹分場で採取した柿果を使用した．健全果の表面を80% alcoholをしませた脱脂綿でかるくふき，２時間室温で風乾後側面え１コに１カ所宛接種針で小さく傷をつけ，そこに菌叢切片をおき，更にその上に無菌の脱脂綿をのせ，殺菌水を1〜2滴滴下してシヤーレに納め，約21°〜28°Cの無菌箱に入れた．翌日再び殺菌水を脱脂綿上に滴下し，接種後３日目に脱脂綿を除いた．３〜10日にわたり病斑の短径と長径を測定したのであるが，供試個体の内１つでも果実の軟化を生じた区は測定を打切つた．同時に胞子の形成も観察したが，このときは軟化果実も含めた．接種試験は１区に果実３コ宛を使用し，９月27日と９月28日に開始したが，大体同品種の個体間或は実験ごとの差異は無視しうる程度であつた．

(1)　病斑の進展度より各品種を分類すれば大略次のようになる（第３表）．

A　病斑の進展しやすい品種（９日目までに11mm以上となるもの）……禅寺丸，甘百目，富有，清道，宮崎無核，平無核，舎谷，横野，葉隠

B　やや病斑の進展しやすい品種（10日目に９mm以上となるもの，或はその可能性が考えられるもの）……藤原御所，次郎，御所，愛宕，慶山盤柿，作州身不知

C　病斑の進展しにくい品種（10日目までに９mmに達しないもの，或はその可能性が考えられないもので５mm以上のもの）……碁盤，稲山，堂上蜂屋，甲州百目，寒御所，四溝（渋），西条，大磨盤

D　極めて病斑の進展しにくい品種（10日目になつても５mmに達しないもの）……祇園坊，天神御所

第3表　有傷接種による柿果上での病斑の伸展 (mm)

	接種後日数	3	4	5	6	7	8	9	10
甘柿	禅寺丸	+	4.3	5.4	7.2	8.6	10.3	14.0	16.8
	甘百目	+	5.1	6.6	8.3	10.2	12.9	14.4	15.3
	富有	+	4.7	5.9	8.0	10.2	11.6	13.6	14.6
	藤原御所	5.5	5.7	6.6	7.4	7.9	8.4	9.0	10.5
	次郎	+	5.2	5.8	6.8	7.9	8.6	9.7	10.3
	御所	+	3.4	3.5	4.0	4.6	6.1	7.7	10.1
	天神御所	±	+	+	+	+	+	3.0	3.5
渋柿	清道	+	4.0	6.0	8.4	13.5	—	—	—
	宮崎無核	+	4.0	5.3	6.8	9.0	10.2	12.3	13.3
	平無核	+	4.5	5.6	7.1	9.0	10.4	12.0	—
	舎谷	+	4.1	5.8	7.4	9.2	11.2	11.7	13.4
	横野	+	4.2	5.6	6.9	8.1	10.2	11.2	12.3
	葉隠	±	4.7	5.7	7.5	9.1	9.9	11.2	—
	愛宕	+	3.9	4.9	6.6	8.0	8.7	9.7	—
	慶山盤柿	+	+	3.9	4.3	5.8	7.4	—	—
	作州身不知	+	3.9	5.1	5.9	7.2	7.7	8.8	10.2
	碁盤	7.0	7.7	7.8	8.1	8.2	9.0	9.0	9.0
	稲山	±	3.2	3.5	4.1	5.2	6.2	7.2	8.1
	堂上蜂屋	+	+	3.0	4.2	5.1	6.1	7.6	8.1
	甲州百目	+	3.5	4.7	4.8	5.2	6.2	7.1	8.0
	寒御所	+	3.5	4.3	4.6	5.2	5.9	6.5	7.8
	四溝	+	3.0	3.9	4.9	6.1	6.7	7.7	7.7
	西条	+	+	3.6	4.4	6.0	6.8	7.4	—
	大磨盤	+	4.1	5.0	6.1	6.5	6.7	7.0	—
	祇園坊	±	+	+	+	2.9	3.3	4.2	4.4

備　考；—は果実が熟したため測定を打切つた.

(2)　果実上での胞子形成の難易により各品種を分類すれば次の通りである（第4表).

A　胞子を形成しやすい品種（9日目までに形成がはじまり，（卌）～（卄）のもの）……甘百目，藤原御所，富有，次郎，禅寺丸，横野，葉隠，作州身不知，宮崎無核，甲州百目，寒御所，稲山

B　やや胞子を形成しにくい品種（AとCの中間のもの）……平無核，慶山盤柿，愛宕，清道，大磨盤，舎谷，堂上蜂屋

C　胞子を形成しにくい品種（11日目にいたつても形成せず，（+）以下のもの）……御所，四溝（渋），西条，碁盤，祇園坊，天神御所

Ⅳ 考　　察

本実験に用いた菌は鋳方[1]の供試菌よりも全体に発育が良好のようである．又同氏の菌の最適pHは6.2附近にあるが，これはasparagine培地における結果であるから，筆者の実験結果と異るのはこのような培地の差異に基づくものかもわからない．しかし，最適pHが弱酸性側にある点，及び酸性培地を好む点では一致している．20%FH培地では，培養前pH4.4～8.5における培養後pHは6.4附近になつていた．この現象は菌体の発育が極めて悪いpH7.7，8.5の実験区でもみられており，又，無接種のまゝ同期間保存した培地でも幾分この傾向がみられた．したがつて，このようなアルカリ培地におけるpHの低下は菌の生理作用にも一因があるものとは思うが，培地の化学組成にも由来していると考えられる．

第4表 各品種における病斑部の胞子形成の観察

	接種後日数	7	8	9	10	11	12	13	14	形成量*	非形成果実**
甘柿	甘百目	2	5	5	6	6	6	6	6	卌	
	藤原御所	4	4	5	5	5	5	5	6	卄	
	富有	1	1	3	3	3	3	3	6	卄	
	次郎		2	2	4	5	5	5	6	卄	
	禅寺丸			2	5	5	5	6	6	卄	
	御所						1	5	5	+	
	天神御所									−	3
渋柿	横野	2	4	5	5	6	6	6	6	卌	
	葉隠	1	1	3	3	6	6	6	6	卄	
	作州身不知			4	5	6	6	6	6	卄	
	宮崎無核		2	2	2	2	2	5	5	卄	
	甲州百目			3	3	3	3	5	5	卄	1
	寒御所			1	2	3	3	5	5	卄	
	稲山			1	1	4	4	6	6	卄	
	平無核			2	2	2	6	6	6	+	
	慶山盤柿			1	1	2	2	6	6	+	
	愛宕				3	3	3	5	6	+	
	清道				3	3	4	4	5	+	
	大磨盤				2	2	3	6	6	+	
	舎谷				1	1	4	5	5	+	
	堂上蜂屋					3	6	6	6	+	
	四溝						2	3	3	+	2
	西条							4	5	+	1
	碁盤							3	3	+	2
	祇園坊							1	1	+	2

備 考；数字は6コの果実中，肉眼で明らかに胞子形成がみられるものの数を示す．

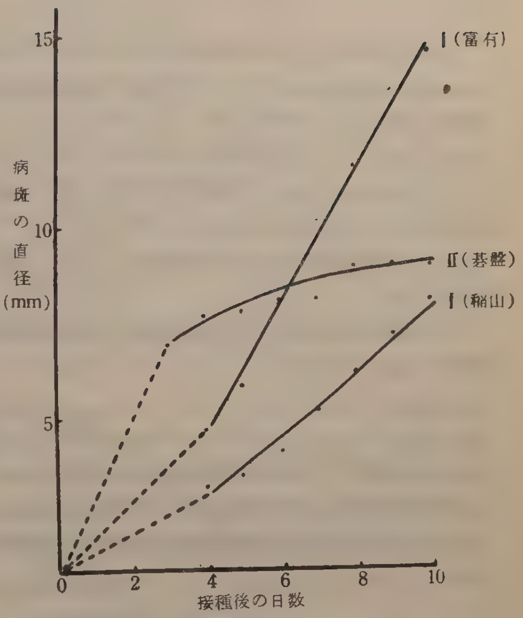
* (−) 胞子堆形成が肉眼ではみられないもの，(+) 胞子堆形成がわずかにみられるもの，(卄) 桂肉色の胞子堆がみられるもの，(卌) 桂肉色の胞子堆が多量形成されているもの (いずれも14日目の観察).

**6コの果実中，検鏡によつて胞子がみられないもののコ数を示す.

柿果に炭疽病菌を接種するにあたつては，無傷接種がのぞましいのであるが，潜伏期間の問題もあり，摘果した果実では長期間果実の生理状態を新鮮なまゝで保つことは不可能である．また抵抗性には，侵入過程における諸要因が附随するのは勿論であるが，本報では抵抗性の動的発現の場としての果肉を対照に，一応発病抵抗性[3]の品種間差異を分析してみた．鋳方[1]の方法と本実験の方法はやや異なるためか，病斑の進展度において同氏の結果と多少の相違がみられるが，抵抗性による品種の分類は大体一致している．

病斑の進展と日数との関係を検討すれば，次の2つの型に分類できる．即ち，接種後経過日数とともにほゞ直線的に病斑の拡がるものと，接種後3〜6日目にいたつて急速に漆黒色の病斑が接種点を中心として出現し，その後8日目頃まではあまり進展しないものとである(第2図)．殆んどの供試品種は前者に属する．後者の型はいわゆる〃止り型〃[4]の品種であると解釈出来る．碁盤，大磨盤，甲州百目，藤原御所などがこれに入るが，なかんずく碁

盤にその傾向が最も著しい．ただし甲州百目，藤原御所では，9〜10日目になつて再び病斑の進展速度が大きくなつてくるようである．しかし，採取後室温で，しかも罹病状態で10日間も保たれた果実では，その生理作用もはなはだしく変化しているであろうから，後期の測定値はその品種本来の抵抗現象究明にはあまり重要視できぬものと推察せられる．単に果実を傷つけただけで接種を行わない場合は，傷害部とその周辺がわずかに褐変するにとゞまるので，〃とまり型〃の現象が果実の傷痍に原因するとは思えない．また，この型に属する品種では，有傷接種によつて病斑が大きく進展したものでも一概に罹病性品種とはみなしえない．何故なれば，実際に菌が無傷の柿果に侵入するのは極めて小さい穿孔部からである．その場合に侵入部位の寄主の細胞が抵抗反応を示したとしても，侵入菌は量的に有傷接種のときよりもはるかに少量であるので，寄主細胞の中毒症状も有傷接種のときよりも狭い範囲にとどまることが推察される．したがつて，これらの品種が自然感染をしたときは，病斑の出現もまた小面積にとゞまるかもしれない．この型の品種では，本実験で行つたような有傷接種による病斑進展の結果を直ちにその品種の抵抗性と結びつけるのは不当であると考える．この点については更に追求してみる予定である．



第2図　病斑進展と接種後の日数との関係
備　考；Ⅰは直線型　Ⅱは止り型

鋳方[1]は碁盤，甲州百目，藤原御所の有傷接種による病斑の進展を観察しているが，それによれば本実験のような結果はみとめられていない．そこで，筆者は更に他の分離菌を用いて碁盤果に接種した結果の分析を試みたが，各実験とも同じ型で病斑は進展していた（第5表）．

第5表　碁盤柿果における病斑進展の特異性

接種後日数	3	4	5	6	7	8	9	10
碁盤 富有			6.3 8.0			7.0 17.5		
碁盤 富有			6.4 10.0			7.6 15.3		
碁盤 富有		5.3 5.5	5.5 6.7	5.7 7.3	5.7 9.6	5.8 10.6	5.8 11.4	5.8 12.3
碁盤 富有	5.6 4.3	5.8 5.2	5.9 6.0	5.9 8.0	6.0 9.3	6.0 12.2	6.4 13.1	6.4 14.0
碁盤 平無核		4.0 2.9	4.0 3.6	4.0 4.3	4.0 5.9	4.1 6.3	4.1 6.9	4.1 7.2

備　考；1区3コの果実を使用して採取後直ちに接種した．
数字は病斑の長径と短径を測定して平均したもので単位はmm.

鋳方[1]は接種試験その他より抵抗性と渋柿甘柿間には関係がないとしている．本実験においても，渋柿が必ずしも抵抗性をもつていないし，甘柿中にも抵抗性品種のものがあつた．筆者（未発表）は接種前の果実のtannin含量を定性並びに定量的に分析したが，その結果もこれと一致している．

摘　　要

1. 柿炭疽病菌（*Gloeosporium kaki* HORI）は稀薄醤油，2％蔗糖加馬鈴薯煎汁，変法 peptone 加用合成，Czapek，Richards並びに10％富有果肉熱水抽出物添加の各寒天培地上でよく発育し，20％富有果肉熱水抽出物添加寒天培地ではやゝ発育が悪い．液体培地においては，稀薄醤油最もよく，2％蔗糖加馬鈴薯煎汁，peptone加用合成これに次ぎ，Czapek，Richrds及び20％富有果肉熱水抽出物添加培地が最も劣る．

2. 本菌はpH2.5～8.0の範囲で発育し，概して酸性培地を好む．最適pHは20％富有果肉熱水抽出物添加液体培地で5.8，Richards液体培地では4.8である．

3. 25品種の柿果に本菌を有傷接種した結果，病斑の大きさから4群に，また病斑進展度から2群に大別することができた．

4. 同様の方法により分生胞子形成の品種間差異を観察したが，その形成量と形成所要日数から25品種を3群に分類することができた．

引　用　文　献

(1) 鋳方末彦：柿の重要寄生性病害に関する病理並に治病学的研究，127～168，東京，養賢堂（1942）．

(2) 北島 博：東海近畿農業試験場研究報告，園芸部第1号，72～104（1952）．

(3) 小野小三郎：植物防疫，6（5），102～103（1952）．

(4) 坂本正幸：日植病報，14（3,4），94～95（1950）．

Résumé

This paper deals with some cultural characters of *Gloeosporium kaki* HORI causing kaki anthracnose, as well as differences of the development of affected lesions and the sporulation of conidiospores on fruits bodies among 25 varieties of kaki.

1. The mycelial growth of causal fungus on agar cultural media is fairly good on soy with onion decoction, potato decoction with 2% sucrose, peptone-salts, Richards and Czapek media, and relatively good on medium with 20% hot water extract of Fuyu fruit (20%FH). On liquid media the most favourable growth was noticed on soy medium being followed by potato decoction and peptone-salts solution, and the growth on Richards, Czapek and 20%FH media proved to be poor.

2. The relation of pH value to the mycelial growth was studied on Richards and 20%FH liquid media which were adjusted to various pH values respectively with *N*-NaOH and *N*-H_2SO_4. The growth occured at pH range from 2.5 to 8.5. Optimum pH for growth were 4.8 on the former medium and 5.8 on the latter. It may be said that the fungus grows more fairly on acidified medium than on alkaline medium.

3. The inoculation experiment was perfomed by inoculating the fungus on the fruits wounded with a sterilized needle. 25 kinds of kaki varieties could be classified into 4 groups on the basis of the size of their affected lesions, and also into 2 groups from the relationship of the development ratio of lesions and the length of incubation.

4. The amount of conidiospores and the time necessary for the commencement of their production were also compared with fruits of 25 varieties, and they were classified into 3 groups from such point of view.

アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究
XIV 被寄生寄主の摂食活動*

松沢　寛，野崎伸夫

Investigations on the parasitic activities of *Apanteles glomeratus*
XIV. Feeding activities of the host, *Pieris rapae crucivora*, which was parasitized by *A. glomeratus*.

Hiroshi MATSUZAWA and Nobuo NOZAKI
(Laboratory of Applied Entomology)

(Received September 19, 1956)

緒　言

寄主モンシロチョウ*Pieris rapae crucivora* の幼虫に対する寄生者アオムシコマユバチ *Apanteles glomeratus* のもたらす影響は，寄主の発育や或部分の大きさ等の上に何等かの姿で現われて来そうに思われるが，之等の問題を正しく理解するには，当然その被寄生寄主の攝食活動についてその実際を知る必要がある．そこで筆者等はかかる見地から昨年(1955)首題のごとき実験的研究を行い，若干の成績を得たので，玆に簡単に大要を報告する．本文に入るに先立つて，恩師元京都大学教授，現岡山大学教授春川忠吉博士，京都大学教授内田俊郎博士の日頃からの懇篤なる御指導と，本学宮本裕三助教授及び岡本秀俊氏の積極的なる御協力に対し厚く感謝の意を表する．尚本研究に種種御便宜を与えられた本学農学部長黒上泰治博士に対しても厚く御礼申上げる．

実　験　方　法

実験に使用した昆虫は，寄主寄生蜂共香川県産秋生のもので，野外より得たモンシロチョウ雌成虫を用いて，60W電燈による保温照明法により一時に大量に採卵した卵から生じた1令幼虫（孵化直後）又は3令幼虫（第2回脱皮直後）を寄主として用い，之に羽化後間もない本寄生蜂をして個体別に1回宛攻撃産卵せしめた．爾後毎日の攝食量をその排泄糞量によつて継続調査し，特に令の更新には細心の注意を払つた．排泄糞量はすべて寄主毎に電熱乾燥を行つて，はじめはトーションバランスにて秤量しようと努めたが，不都合であつたので化学天秤にて秤量した．寄主の飼育は口径2.5cm，長さ9cmのガラス管（綿栓装着）を用いて個体別に新鮮なるキャベツ葉を以つて行い，毎日之を新らしいものと取替えるよう努めた．飼育温度は24°Cとして実施したが，寄主モンシロチョウ幼虫の取扱いは常に極細の毛筆（サバキ）を以つて注意深く行つた．

実験成績並びに考察

摂食量について論ずる前に，先づ本実験に於ける寄主モンシロチョウ幼虫の寄生，非寄生別の発育乃至令更新の状況を知る必要がある．そこで今実験にもとづいてその成績を示すと第1表のごとくで，1令寄主に産卵せしめた場合，3令寄主の場合，対照区の非寄生の場合等のそれぞれで，見掛の上では可成りちがつた傾向が看取された．

Table 1. Development of the larva of *Pieris rapae crucivora* which was parasitized by *Apanteles glomeratus*. (24°C).

Instar of hosts when they were attacked	Number of individuals	Duration of each instar of the hosts (days)					
		I	II	III	IV	V	Total
I	10	(2〜3) 2.2	(1〜2) 1.5	(2〜3) 2.1	(2〜3) 2.3	(4〜5)* 4.4	(11〜16) 12.5
III	7	(2〜3) 2.7	(1〜2) 1.9	(2) 2.0	(2〜3) 2.7	(6〜7)** 6.7	(13〜17) 16.0
Check	8	(2〜3) 2.9	(1〜2) 1.8	(1〜2) 1.6	(2〜3) 2.6	(2〜4) 2.8	(8〜14) 11.7

*,** Showing the duration from the 4th moulting to the emergence of parasites from host bodies.

*　香川大学農学部応用昆虫学研究室業績　No.23

特に寄主の５令期間が，（便宜上非寄生の場合は前蛹になる迄，寄生せしめた場合は寄生蜂が寄主体を脱出する迄とすると），対照区に比していずれも著しく長びいて居り，従つて全発育日数（幼虫）も接種した場合の方が，対照区の場合より長くなる傾向が明らかに見られる．

しかしながらこの場合の５令期間は寄主体内の寄生蜂幼虫の寄主体脱出時期の早晩によつて決定されるのであるから，真の意味での比較は之では出来ない訳であつて，５令以前の期間でのみ実際の比較は行わるべきである．そうした意味で再び第１表の成績を検討すると，特別各区で著しい差異が認められる訳ではないので，この場合各区で寄主の発育乃至令更新がアオムシコマユバチの寄生の影響を非常に受けたとは考えられないことになる．通常本寄生蜂の只１回の産卵でも，１〜50，平均25個内外の卵を産み込むのであつて，孵化した寄生蜂幼虫は１週間又はそれ以上も寄主体内に在つて栄養を奪うのであるから，寄主の発育又は令更新等に何等かの影響がもたらされそうであるが，第１表の成績からするとどうも斯様な推測は否定されそうである．筆者等の之と関連のある他の実験成績を引合いに出して考察してみてもやはり同様なことが云えそうである．

次に，寄主の摂食活動であるが，寄主の５令期間の延長は見かけの上とはいつても可成りそれぞれで異つた摂食の仕方を余儀なくされるものと考えられるが，事実本実験の成績をまとめてみると第２表のごとく，それぞれで特徴のある成績が見られた．

Table 2. The amount of excreta during each instar of the host which was parasitized by *Apanteles glomeratus*. (24°C)

Instar of hosts when they were attacked	Number of individuals	Amount of excreta (dried, mg)					
		I	II	III	IV	V	Total
I	10	+	++	(3.4〜9.4) 5.58	(8.6〜20.7) 14.90	(68.9〜108.8) 77.96	(84.6〜131.6) 98.43
III	7	+	++	(3.2〜5.1) 4.20	(9.4〜19.9) 14.17	(73.0〜156.7) 109.00	(92.2〜181.7) 127.37
Check	8	+	++	(2.3〜6.1) 3.80	(10.1〜45.6) 20.18	(70.9〜125.3) 99.21	(86.9〜146.6) 123.19

第３令，第４令等の摂食状況は各区共大同小異であるが，非接種区ではやや摂食量がましている．第５令寄主の摂食状況は又非常に特異性があり（第１表を併せて参照），非接種区では第５令に入るや，にわかに摂食量が増大し，急速に蛹化するに至るという傾向を強く示しているが，第３令に接種した寄主にあつては第５令に入つてやや摂食量はますが，１日当りの摂食量は非接種区に比して著しく低下し，しかもその状態で寄生蜂の寄主体脱出迄相当長くつづく傾向をみせている．第１令に接種した寄主の場合は，１日当りの摂食量は第３令に接種した場合と余り変らないが，４〜５日に亘る５令期間を考えると大体に於て，両者の中間的傾向をみせているといつても差支えない．このような関係は個体別に示した第１図を見れば一層明瞭に知ることが出来よう．

摂食量の総計(第１，２令を除く)は，第２表に示したごとく，第１令に接種した寄主は他の２区の寄主に比して可成り低い傾向があるが，従来筆者等の行つている度重なる接種実験の経験からいつても，斯様な傾向は一般的のようである．若し寄主の頭巾等が寄生蜂の寄生によつて一般に小さくなる事実等が存するとすれば，或は上のごとく若令寄主に寄生する場合に見られる摂食量の低下が影響をもたらすも

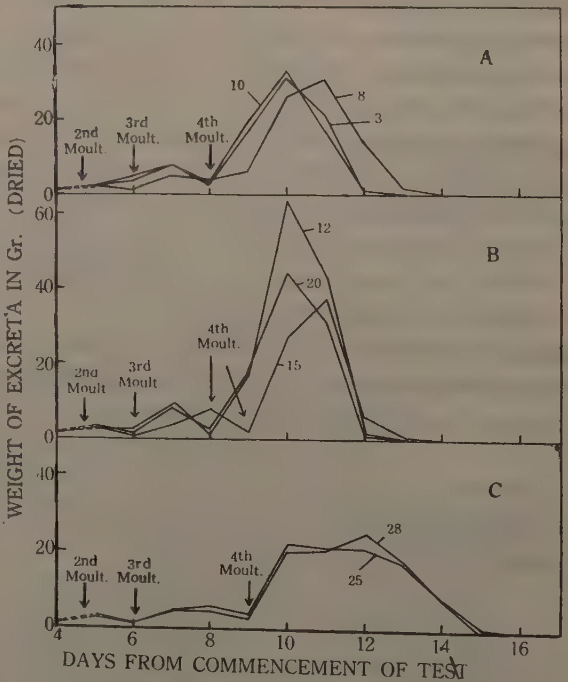


Fig. 1. Showing the amount of excreta of the host after the attack of parasite.
A: Parasitized on the host at the stage of the 1st instar.
B: Not parasitized.
C: Parasitized on the host at the stage of the 3rd instar.
Figures: Individual number of hosts.

のであり，又寄生時の寄主が若令である程顕著に爾後に影響するのではあるまいかと考えられる．但し，本寄生蜂がアオムシに寄生を行う場合に，McGugan(1955)[1]がSpruce budworm に於いてみたように明瞭な頭巾の大きさの減少が見られるかどうかは現在のところ十分には分らないが，目下研究中（一部は本誌[2]に掲載）であるのでいずれ何等かの結論が得られるであろう．

摘　要

アオムシコマユバチに寄生せられた寄主モンシロチョウ幼虫の，摂食活動の実際状況を知るために1955年本実験を行い次のごとき成績を得た．

1) 毎日の摂食量は寄主の第1令から第4令迄は，1令寄主に接種した場合も3令寄主に接種した場合も，非接種寄主のそれと大差はなかつたが，第5令になつた寄主の摂食量は各各の場合共非常に特徴ある傾向が認められた．

2) 5令寄主の摂食の状況は，非接種の寄主が2～4日の間に旺んに食つて急速に蛹化する傾向を示したのに対して，3令寄主に接種した場合はやや少な目に6～7日にも亘つて食い，更に第1令寄主に接種した場合は丁度その中間的傾向を示した．

3) 1令，2令を除いた寄主の総摂食量は，非接種寄主と3令時に接種した寄主との間では大差なかつたが，1令時に接種した寄主は之等より相当に少なかつた．

参　考　文　献

1) McGugan, B.M.: *Can. Ent.*, 87, 178－187(1955).　2) 松沢寛：香川大学農学部学術報告，8(1)，(1957).

Résumé

In order to know the real state of feeding activity of the host, *Pieris rapae crucivora*, which was parasitized by *Apanteles glomeratus*, present experiment was carried out in 1955 with the following results:

1) The amount of excreta of the host belonging to the lst, 2nd, 3rd and the 4th instar which was parasitized at the stage of the lst instar and the 3rd instar did not differ so much from that of the host which was not parasitized. But, at the stage of the 5th instar, the characteristic inclination was discernible at each case.

2) The host of the 5th instar which was parasitized at the stage of the 3rd instar continued their feeding activities in somewhat small doses during 6 or 7 days, although the host which was not parasitized continued remarkable and rapid feeding, as soon as the host developed to the 5th instar. But in the case of the host belonging to the 5th instar which was parasitized at the stage of the lst instar, the intermediate inclination was observed.

3) Total amount of excreta of the host which was parasitized at the stage of the 3rd instar was considerably large and did not differ so much from that of the host which was not parasitized, although the amount of excreta of the host which was parasitized at the stage of the lst instar was very small in general in comparison with the above.

アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究

XV 被寄生寄主の頭巾並びに寄生蜂脱出後の寿命について*

松　沢　　寛

Investigations on the parasitic activities of *Apanteles glomeratus*.

XV On the head capsule width of the host, *Pieris rapae crucivora* which was parasitized by *A. glomeratus* and the survival of the host after the emergence of the parasite.

Hiroshi Matsuzawa (Laboratory of Applied Entomology)

(Received September 19, 1956)

緒　　言

アオムシコマユバチ *Apanteles glomeratus* がモンシロチョウ（幼虫）*Pieris rapae crucivora* の天敵として著名な寄生蜂であることは今更述べる迄もないが，本寄生蜂の寄生を受けたモンシロチョウ幼虫は正常な個体に比して，その摂食活動の上にも変化を来し，摂食総量も低下する傾向の存することは既に報告したところである．ところで斯様な摂食活動の異常が明らかに存するとすれば，寄主の形態又は大きさの上にも何等かの影響がもたらせられはしないか，又実際に，1寄主体内に非常に多数の本寄生蜂が寄生するのであるから，一定期間を経過して成長を遂げたアオムシコマユバチ幼虫が寄主体を脱出した後に於ける寄主の生存力というものは，寄主体内の寄生蜂数や，気象条件等に相当顕著に影響されるものではなかろうか．斯様な問題を明らかにするために従来本研究は行われたのであるが，茲には努めて最近の実験成績をもととして大要を述べることとする．

本文に先だつて，日頃懇篤なる御指導をたまわる恩師元京都大学教授、現岡山大学教授春川忠吉博士，京都大学教授内田俊郎博士，本研究を行うに当つて種種御便宜を与えられた本学農学部長黒上泰治博士，並びに始終熱心に研究に御協力をねがつた本学助教授宮本裕三氏，岡本秀俊氏，野崎伸夫氏に対して深甚の謝意を表する．

研　究　方　法

寄主の大きさの代表値としての頭巾調査：

調査研究に供試した昆虫は，寄主寄生蜂共香川県産のもので，野外の材料は1955年10～11月及び1956年6月本学の存する香川県木田郡に於いて採集したものである．実験的に得た材料は，すべて秋季に野外より採集したモンシロチョウ雌成虫を用いて，60W電球による保温照明法により採卵を行い，それより孵化した幼虫を用いて，適時寄生蜂の産卵を行わしめ，爾後ガラスチューブ（2.5×9.0cm）にて定温器内個体飼育を行い，所要の令に到るを待つて測定に供した．測定にはミクロメーターを装着したグリノー双眼解剖顕微鏡を用い，測定の都度その寄生，非寄生の別を確認の上記録した．

寄生蜂脱出後の寄主の生存調査：

本材料もすべて香川県産のもので，老熟寄生蜂（幼虫）寄主体脱出の当日，すべてその寄主虫を個体別にシャレー内に移し，毎日それ等の生死を検しつつ記録を取つた．主として室温，時に24°Cの定温で管理した．

研　究　成　績

(1) 被寄生寄主の頭巾の大きさ

*香川大学農学部応用昆虫学研究室業績　No.24

まず筆者は，自然状態で事実アオムシコマユバチの寄生をうけたモンシロチョウ幼虫と然らざるものの間に，頭巾の大きさに顕著な差が存するか否かを知るために，野外より第5令寄主を採集し来り，之をミクロメーターにて測定した．その成績を示すと第1表のごとくである．（但し，単位は便宜上ミクロメーターの目盛の数にて示す）．

Table 1. Head capsule width of the parasitized and the unparasitized hosts belong to the 5th instar (wild samples).

Hosts			Number of individuals	Min.～Max.	Mean	Confidence limit of population mean (95%)	Variance	Variation coeff. (%)
A	Parasitized	♂	36	52～56	51.77	51.47～52.07	0.78	1.72
		♀	41	51～56	53.28	52.77～53.79	2.56	3.00
	Not parasitized	♂	14	52～60	54.79	53.48～56.10	5.07	4.11
		♀	18	50～56	53.66	52.85～54.47	2.54	2.96
B	Parasitized	♂	52	52～60	55.76	55.24～56.28	3.54	3.37
		♀	44	50～60	55.11	54.56～55.66	3.25	3.27
	Not parasitized	♂	41	54～60	56.72	56.03～57.41	4.66	3.80
		♀	56	54～61	56.78	56.30～57.26	3.29	3.19

Note : The data were shown with the number of scales of ocular micrometer (1 scale=0.041mm).
A : Autumn samples, B : Spring samples.

第1表の成績をみると秋材料では雄の場合寄生，非寄生寄主で，可成顕著な差を作つているが，雌の場合は殆んど差が認められない．しかしこの雄の場合では検定を行つてみたところ同一母集団に属すると考えることが無理で，従つてその差が有意であるかどうかを吟味することが出来ないので何とも云えない．春材料の場合は雌雄5令幼虫共に可成の差があり，分散分析によつてその差を検してもそれ等は一応有意と認められた．けれ共この場合測定個体数が余り多くないので，事実，寄生，非寄生両寄主で頭巾の大きさに差が存するものか否かをここで直ちに断定することは出来そうにない．仮に多少の差があつたとしてもそれは検定にかかるか，かからないかの極めて僅かの差ではないかということが想像される．

次に実験的に第1令及び第3令寄主に寄生蜂をして産卵せしめ，爾後の寄主頭巾が寄生，非寄生でどんなに変つて来るかを調べた．その成績を示すと第2，3表のようで，接種後の各令寄主の頭巾は寄主，非寄生でやはりそれほど顕著な差を生ずることはなかつた．

Table 2. Head capsule width of the host which was parasitized by *A. glomeratus* at the stage of the 1st instar.

Instar of host		Number of individuals	Min.～Max.	Mean	Confidence limit of population mean (95%)	Variance	Variation coeff. (%)
II	Para.	16	12～15	13.50	13.11～13.89	0.49	5.19
	Not para.	14	14～16	14.50	14.30～14.70	0.37	2.28
III	Para.	18	19～25	22.11	21.50～22.72	1.47	5.47
	Not para.	19	22～26	23.00	22.51～23.49	1.00	4.35
IV	Para.	33	34～37	34.91	34.67～35.15	0.48	1.98
	Not para.	25	33～38	35.20	34.79～35.01	1.00	2.84
V	Para.	37	41～54	50.57	49.87～51.27	4.78	4.33
	Not para.	23	51～57	52.12	51.27～52.97	3.82	3.74

Table 3. Head capsule width of the host which was parasitized by *A. glomerstus* at the stage of the 3rd instar.

Instar of host		Number of individuals	Min.～Max.	Mean	Confidence limit of population mean (95%)	Variance	Variation coeff. (%)
Ⅳ	Para.	23	31～36	34.20	33.66～34.74	1.52	3.60
	Not para.	27	32～37	34.60	33.88～35.32	1.40	5.20
Ⅴ	Para.	31	48～56	50.99	50.40～51.58	2.69	3.22
	Not para.	23	51～57	52.12	51.27～52.97	3.82	3.74
Ⅳ	Para.	20	33～37	35.45	34.99～35.91	0.95	2.74
	Not para.	20	33～37	35.70	35.17～36.23	1.23	3.11
Ⅴ	Para.	20	50～54	51.95	51.42～52.48	1.27	2.18
	Not para.	20	50～57	52.70	51.99～53.41	2.33	2.90

只，傾向的にはいずれの場合にも，きわめて僅かずつ非寄生寄主の方が頭巾大きく，最終令で最も差が大きく開いているが，分散分析の結果有意の差と認められる場合もそうでない場合もみられた．従つて各成績を通じて，寄主の頭巾は寄生，非寄生で常に検定にかかるようなそれ程顕著な差は生じないものではないかと考えられる．

(2) 寄生蜂脱出後の被寄生寄主の生存力

次に寄生蜂が寄主体内で生長を遂げ，寄主体を離脱した後に於ける寄主の生存力について述べる．まずいろいろな季節について寄主の生存期間を調べた成績を示すと，第4表のごとく，春秋は可成長生するが，夏季のものは一般に非常に短いようである．

Table 4. Duration of surviving of the hosts after the emergence of parasites

Month	Number of individuals	Min.～Max.	Mean	Confidence limit of population mean (95%)	Variance	Variation coeff.	Remarks (Mean temperature)
		days	days	days	days	%	°C
Ⅴ	30	1 ～ 8	3.60	2.98～4.22	2.69	45.56	17.2
Ⅵ	129	0 ～ 6	2.63	2.39～2.87	1.84	51.71	21.5
Ⅶ	42	0 ～ 4	1.62	1.30～1.94	1.07	63.58	26.5
Ⅸ	90	1 ～ 6	3.09	2.87～3.31	1.12	34.30	23.4
Ⅹ	32	1 ～10	4.63	3.85～5.41	4.52	46.00	17.4
Ⅺ	60	3 ～16	9.63	8.85～10.41	9.30	39.35	12.4

勿論，かかる寄主の寿命は，体内に寄生していた寄生蜂の数とも密接な関係がある筈であるから，第4表の成績を直ちに季節のちがいに基ずく気温其他の影響と解することは早計に過ぎる訳であるが，筆者の従来の経験からして本寄生蜂の寄主に於ける寄生数が，季節のちがいによつて一定の傾向を以つて変動することはあり得ないので，第4表は一応季節のちがいによつて起つたものと解して差支えなさそうである．従つてこの場合，特に気温と密接な関係があるものと考えてよかろう．第4表のごとき成績は1950年以来，毎年これを見，常に全く同様な成績を得ている．

(3) 寄生蜂の寄主体内密度と被寄生寄主の頭巾及び寄生蜂脱出後の生存期間

次に寄主体内に於ける寄生蜂の棲息密度と前に述べた寄主の頭巾並びに寄生蜂寄主体脱出後の生存期間を，寄生蜂の産卵回数を積重ね的に増加せしめる方法によつて実験した．その成績を掲ぐれば第5表のごとくであるが，各産卵回数ごとの寄主体内寄生蜂密度（平均値にて示す）は備考欄に示した通りである．

Table 5. The head capsule width and the duration of surviving of the hosts after the emergence of parasites as the times of attacks differ*.

Instar of hosts and times of egg laying		Head capsule width of the hosts			Survival of the hosts after the emergence of parasites			Remarks (Parasite density per host body**)
		Number of individuals	Min.～Max.	Mean	Number of individuals	Min.～Max.	Mean	
						Days	Days	
Ⅲ	1	17	49～54	51.12	18	3～6	4.50	24.30
	2	17	49～55	51.58	20	1～4	2.60	50.25
	3	19	50～54	52.40	20	2～6	2.40	64.00
	4	18	50～55	51.90	18	1～4	2.22	77.84
	5	17	50～55	51.54	19	1～3	1.84	87.58
Ⅳ	1	25	48～55	52.12	4	2～6	3.75	32.50
	3	13	48～53	50.80	9	1～6	2.22	96.50
	5	10	50～53	51.40	9	1～3	2.11	99.32
	6	13	50～52	50.88	10	1～2	1.70	110.08
	7	11	47～54	51.72	6	1～2	1.50	150.50
Check	0	23	51～57	52.12				

*Extracted from "Report XI" of our investigations on the parasitic activities of *Apanteles glomeratus*.
**Shown with the mean value of the number of parasites per host body.

尤もこの実験は他の意図もあつて行つたのであるから，本論文と別に発表予定の論文[5]に詳しく取上げてあるので，努めて簡略に述べることにするが，第5表の成績から寄生蜂の産卵回数の増加による寄主体内寄生蜂密度と寄主の頭巾の大きさの間には何等特別な傾向をもつた関係もなければ，非接種の寄主の頭巾に比して特に著しく小となる傾向も見出せない．(但し有意の差と認められた場合もないではない)．

只寄生蜂脱出後の寄主の生存期間は，寄生密度と極めて密接な関係を有し，産卵回数の増加による寄生密度の上昇に伴つて明かに短縮していくことが分る．従つて寄生者による栄養の亡失，寄生蜂脱出時の創の数等が，明かに寄主の生存期間を左右するものであることがこの表の成績から察知される．

考　　察

次に以上の成績をもとにして若干の考察を試みる．まず被寄生寄主の頭巾であるが，前にも述べたようにこれはたとえ寄生蜂の寄生数が増えても増えなくても，或はまた寄主のいずれの時期（令）に寄生されても非寄生寄主のそれとの間にそれ程顕著な又常に検定にかかるような差はなかつた．同様な研究は，Beck (1950)[1]やMcGugan (1955)[2] 等も行つて居り，特にMcGugan のSpruce budworm に於ける研究では，*Apanteles* や *Glypta* 等の寄生によつて相当著しい影響の現わて来ることが明かにされている．モンシロチョウにアオムシコマユバチが寄生する場合も，食物のとり方が相当に正常の場合と異なり[6]，又コマユバチの寄生数も非常に多いのであるから[3]，相当に著しい差が寄主の頭巾の大きさの上にも現われそうに思われるのであるが，実際にはそれ程でもない結果が見られた．若しこの成績が全く正しいとするならば，アオムシコマユバチ寄生の影響というものは，もつと異つた面に現われてくるのであろうか．

寄生蜂寄主体脱出後の寄主の生存期間は，季節のちがいや，寄主体内寄生数によつて相当著しい差が見られ，気温の高い季節程，又体内寄生数の多い程生存期間が短縮した．寄主体内の栄養が，多数の寄生蜂によつて掠奪されること[3]，寄生蜂の寄主体脱出に当つて，一時に無数の生生しい脱出創口が体壁にあけられることを思う時[3]，之等の成績に現われたごとき傾向は全く期待し得るところで，又高温によつて一層死期を早められることも当然と考えられる．

産卵回数の増加による寄主体内寄生数の増加が寄主並びに寄生蜂自体にどのような影響をもたらすかについては，すでに講演発表を行い[4]，一括して別途に論文発表の予定であるが[5]，寄生蜂相互間及び寄生蜂一寄主間の相

互関係を明かにする上には，極めて重要な実験と考えられる．本研究成績(1)，(2)で取上げた事項も(3)を示して一層具体的に把握することが出来た．別途発表予定の論文と多少の重複が起ることを知りつつ敢て関係事項を取上げた次第である．

摘　　　要

寄生蜂アオムシコマユバチとその寄主モンシロチョウ間の生理的な関係を知る仕事の1部として本研究を行い，次のごとき成績を得た．

1) アオムシコマユバチに寄生せられたアオムシ頭巾の大きさは非寄生寄主のそれに比してそれほど著しい減少を来さなかつた．寄主体内の寄生蜂数が非常に多くなつて来た場合にも，余り著しい減少は見られなかつた．

2) 寄生蜂寄主体脱出後に於ける寄主の生存期間は季節によつて著しく異なり，高温な季節程短かかつた．又寄主体内の寄生虫数が多い程著しく短かくなつた．

参　考　文　献

(1) Beck, S.D.: *Physiol. Zool.*, **23**, 353—361 (1950).

(2) McGugan, B.M.: *Can. Ent.*, **87**, 178—187 (1955).

(3) 松沢　寛：香川農大学術報告，**7** (1)，60—66 (1955).

(4) ———，岡本秀俊，宮本裕三：昭和31年度日本応用昆虫学会応用動物学会合同大会講演要旨集，(1956).

(5) ———，———，———：応用昆虫，(印刷中).

(6) — —，野崎伸夫：香川大学農学部学術報告，**8**(1)，121—123(1956).

Résumé

As a part of the study of the physiological relation between the host, *Pieris rapae crucivora* and its parasite, *Apanteles glomeratus*, these researches were made and got the following results:

1) The head capsule width of the parasitized host was not smaller than that of the unparasitized host, although there was a slight difference between them in some cases. Moreover, it did not showed any considerable reduction even if the parasite density in the host body was raised.

2) The surviving of the host from which the parasites separated already, changed its duration remarkably as the season went on and it was very short at the season of high temperature. Moreover, the duration of surviving of the host was very short when the parasite density in the host body was high.

アオムシコマユバチの寄生活動に関する研究

XVI 成虫の性比について*

松沢　寛, 甲斐重徳**

Investigations on the parasitic activities of *Apanteles glomeratus*

XVI On the sex ratio of adult wasps.

Hiroshi MATSUZAWA (Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Kagawa University)
and Shigenori KAI (Laboratory of Biology, Miyazaki University)

(Received September 19, 1956)

緒　　言

寄主モンシロチョウ*Pieris rapae crucivora*の幼虫にアオムシコマユバチ*Apanteres glomeratus*が寄生する場合に，寄主に対して産込まれる卵の数は1回の産卵でも20〜25個位の多数に上る[(2)]．しかしながら本寄生蜂も，他の蜂類と同様に単性生殖Parthenogenesisをも行い得るので[(2)]，1回の産卵によつて1寄主体内に産込まれる卵からは，事情によついろいろの性比をもつて成虫が現われて来るにちがいない．たとえ産卵する雌成虫が，すでに交尾済であつたとしても，必ずしも次代に雌ばかりが現われるとも限らず，適宜彼等に次代の性を調節する能力も具つているものと予想せられる．かかる問題を明かにするために本研究を企図し，従来すでに若干の成績を得ることが出来たので，茲に大要のみ報告して参考に供することにする．

本文にはいるに当つて，日頃より懇篤なる御指導をたまわる恩師元京都大学教授，現岡山大学教授春川忠吉博士，京都大学教授内田俊郎博士，始終何かと研究に御便宜と激励をたまわる本学農学部長黒上泰治博士，並びに常に親しく研究に協力を惜しまれない本学宮本裕三助教授，岡本秀俊氏，野崎伸夫氏に対して深く感謝の意を表したい．

研　究　方　法

春，夏，秋の各季節にアオムシコマユバチの寄生を受けたモンシロチョウ幼虫を多数野外から採集し，寄主ごとに個体飼育の後之より脱出羽化する寄生蜂成虫をそのまま一定期間飼育して，そのそれぞれの寄主についての寄生蜂の性比を調査した．一方実験的に十分に交尾を行つた本寄生蜂雌成虫を用いて1寄主1回の産卵を連続的に寄主をかえて5〜10回時に20回余行わしめて，後に到り寄主体より脱出羽化した成虫の性比を検討した．（未交尾の雌は Parthenogenesis によつて雄のみを生ずることは明白であるので，改めて特に実験は施行せず）．但し，此際の産卵方法はガラス管瓶中に予め寄生蜂を入れておき，それに小筆の尖端にのせた第2令の寄主を接近させて管瓶内で産卵を次次に行わしめた．而して処理を終つた寄主は個体別に 2.4×9.0cm のガラス管瓶中にキャベツ生葉と共に収めて24°Cの温度下で飼育した．勿論餌の取換えは毎日之を行い，又，管瓶内の糞の除去等も努めて厳密に行つて寄主の罹病することを極力防止した．

性別の調査は，肉眼では確実を期し難いので，常にルーペ又は双眼解剖顕微鏡を用いて行つたが，常に最も確実である産卵管の有無を目当に之を行うことにした．

研究成績及び考察

筆者等の従来の経験からすれば，本寄生蜂1繭塊から生ずる成虫の性比は，概して非常にまちまちのようであ

---

*香川大学農学部応用昆虫学研究室業績 No.25　**宮崎大学生物学教室（学芸学部）

る．従つて何等かの傾向なり，一般性なりを見出そうとするならば，どうしても同じ時期になるべく多くの圃場から本寄生蜂の寄生をうけたモンシロチョウ幼虫を採集してみる必要がある．そこで先づ春野外から一時に得た材料から検討してみることにする．

春野外から得た寄主から現われるアオムシコマユバチは，時に全部が雌蜂ばかりのことや，大部分雄蜂で僅かの雌蜂を混えていることもあるが，殆んどのものが多数の雌蜂に何頭かの雄蜂が配されている．今雌雄の割合を百分率にて示した春材料についての1例を示すと第1図（上）のごとくである．

第1図からも明らかなように，春季に於いてはアオムシコマユバチもよく交尾を行い，寄主に対してよく受精した卵を産込んでいることが分るが，雌ばかりのこともないではないが，とに角何頭かの雌蜂に対して大抵少数ではあるが何頭かの雄蜂が現われるように仕組まれた彼等の産卵方法は真に合理的と云える．初夏の候の野外材料では一般にもつと斯様な組合せのものが多く，雄ばかりとか，大部分雄蜂で少数の雌蜂を混えているとかいう場合は殆んどない．

しかし秋材料となるとまた事情が異つて来る．即ち秋材料では春材料と異つて雌蜂が割合に少くなつて来る．一般に雄蜂ばかり現われる頻度が高く，又少数の雌蜂に多数の雄蜂が混つているような場合も非常に多く，多数の雌蜂に少数の雄蜂を混えているような場合が予想外に少くなつて来る．今秋材料についての1例を示すと第1図（下）のごとくである．

秋材料で斯様に雄蜂の現われる率の高いのは，恐らく気温の低下等によつて十分に交尾を終つた個体が非常に少いからで，従つて単性的に産出した卵が多く寄主体に産込まれているのであろう．このことは本寄生蜂に関して注意すべき点の1つであると考えられる．

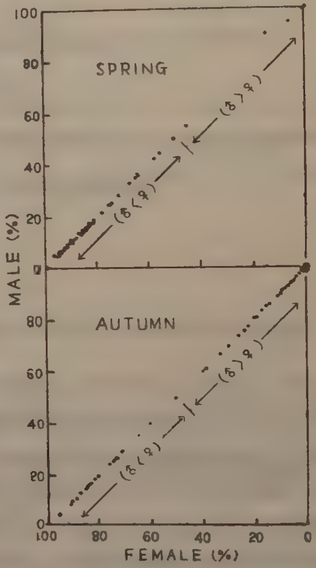


Fig. 1. Sex ratio of *Apanteles glomeratus* in percentage in spring and in autumn.

十分交尾を行つた雌蜂の産出する卵は，一般によく雌蜂（少数の雄蜂を配す）になるようで，単性的に雄蜂ばかりになる卵を産下すことも殆んどないようである．アオムシコマユバチの産卵能力はすでに報じたごとく非常に旺盛なもので，攻撃寄主数丈でも数十頭に及ぶ.[3] それ等の性比がどのようになつていくかは詳かでないが，十分に交尾を行わしめた雌蜂を用いて5〜10回連続的に寄主を与えて産卵せしめた結果をここに示すと第1表のごとくで，毎回共多くの雌蜂に少数の雄蜂を混えた組合せで寄主体への産卵が行われていることが分る．交尾をすでに終えている場合の産卵は恐らく斯様な組合せが normal のようで，然らざる場合には雄蜂ばかり現われるのであろう．しかし大部分雄蜂で，少数の雌蜂を混えるという組合せについては十分納得は出来ないが，交尾が不確実であるためか，受精が不十分であるためなのか，或いはまた雌蜂体内の卵発育等の関係で斯様な組合せを生ずるのであろうか．之等については更に研究を要するものと考える．

Table 1. The Sex ratio of adult wasps emerged from the hosts which were attacked by the matured female wasps.

Host number	Wasp 1	Wasp 20	Wasp 27	Wasp 34
	♂ : ♀	♂ : ♀	♂ : ♀	♂ : ♀
1	3+21=24	5+14=19	7+20=27	4+20=24
2	4+19=23	7+30=37	4+19=23	4+17=21
3	5+21=26	4+20=24	6+12=18	2+14=16
4	3+18=22	4+19=23	5+17=22	6+20=26
5	6+25=31	4+22=26	3+23=26	2+18=20
6		3+17=20	7+24=31	7+25=32
7		4+22=26	1+14=15	2+17=19
8		6+18=24	4+21=25	3+19=21
9		3+14=17	2+13=15	5+21=26
10		4+17=21	6+20=26	3+19=22
Total	21+104=125	44+193=237	45+183=228	38+190=228
Total (%)	16.8 : 83.2	18.6 : 81.4	19.7 : 80.3	16.7 : 83.3

(In the present experiment, the hosts were given in turn to the parasite wasp on every attack)

次に本寄生蜂の純然たる Parthenogenesis[5] により産卵されそれより生ずる繭塊の割合が自然状態でどの程度あるかについて検討したい．前に示した第1図の100％雄のみと

いう場合は勿論これに該当するものであるが，他の成績を以つて改めて考察を行つてみることとする．第2表は各

Table 2. Frequency of parthenogenesis in *Apanteles glomeratus* in natural condition.

Month	Number of cocoon masses	Total number of adult wasps	Bisexual reproduction				Parthenogenesis				Frequency of parthenogenesis
			Number of cocoon masses	♂	♀	Total	Number of cocoon masses	♂	♀	Total	
Ⅴ	50	1100	45	205	780	985	5	115	0	115	5/50 (10%)
Ⅵ*	100	2520	97	511	1931	2442	3	78	0	78	3/100 (3%)
Ⅵ**	50	1212	50	236	976	1212	0	0	0	0	0/50 (0%)
Ⅹ	50	1196	44	220	820	1040	6	156	0	156	6/50 (12%)
Ⅺ	100	1957	79	316	1158	1474	21	483	0	483	21/100(21%)

* Beginning of month, ** End of month

季節毎に野外から採集した被寄生寄主より得られた50又は100個の繭塊から現われた成虫の性比を，雄のみ現われた場合（全くのParthenogesis）と雌雄混つて現われた場合（成虫が両性生殖を行つている）とに分けて集計した成績である．この表から吾吾は暖かい季節程よく交尾を行つて授精した卵を産出し，又Parthenogenesisの頻度も低いことを知ることが出来るが，勿論斯様なことは地方により又多少の時期のちがい等によつて幾分の差は存するものと考えられる．筆者の1人松沢（1955）は香川県田中村小簑より11月に得た材料について20%はおろか30%又はそれ以上の高率で全くのParthenogenesisによる繭塊の生ずることを見ているが，秋急激に気温が下降してくる頃であるので，当然斯様な事態が現われて来ると考えられる．従つて本寄生蜂の越冬形態が宮崎地方のごとく明らかに寄主体内における幼虫であつても，さもなくて繭中で蛹のままで冬を過しても，とに角翌春初発の頃に出現する蜂は雌の割合には雄が多いということがありそうに思われる．

倘寄生蜂類の性比に関して他の興味ある事実はBarber（1937）(1)によつて認められている．即ち同氏によると*Tricogramma*などでは寄生の度が高まるにつれて羽化する蜂が次第に小形化し，それと同時に雄の割合が次第に多くなつたという．これに関しては雌の発育より雄のその方が一般に速いために雄が発育を妨害することに起因すると説明されている．恐らくこの様な現象は十分にあり得ることと思われ，松沢等（1955）は本寄生蜂の場合にも似た結果を得たことがあるが，一般に3回程度の攻撃産卵迄はそれ程斯様な発育競争が顕著に起るとは考えられない．しかしこのことについては倘実験を重ねた上で検討してみたい．

摘　　要

1寄主体内に産下されるアオムシコマユバチの卵から発育する成虫の性比が如何なる組合せになつているかを知るために本研究を行い次のごとき成績を得た．

1）春季野外から得た寄主より脱出する成虫は雌が非常に多いが，大抵それに少数の雄蜂が混じている．時に雄蜂ばかり出ることもあるが，初夏の材料から出る蜂は雄蜂ばかり現われるような場合は殆んどない．

2）秋材料から現われる蜂はしかしながら，非常に雄蜂が多く，全く雄蜂ばかりのことや，多数の雄蜂に少数の雌蜂を混えていることが非常に多い．

3）十分に交尾を行わしめた雌蜂の産下する卵からは殆んど多数の雌蜂に少数の雄蜂を混えた組合せの成虫が現われる．

4）単性生殖によつて全く雄のみを生ずるような繭塊は，春にも或程度見られるが，秋に特に多い．

参 考 文 献

1）Barber, G. W.: *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 30, 263—268（1937）.

2）松沢　寛：香川農大学術報告，7 (1), 60—66（1955）.

3）　　　，宮本裕三，岡本秀俊：香川農大学術報告，7 (3),（1956）.

Résumé

In order to know the sex ratio of the adult wasps emerged from each cocoon mass of *Apanteles glomeratus* and its changes, present researches were made with the following results;

1) A large number of the female wasps emerged from the cocoon masses which were obtained from the wild hosts in spring, although a small number of the male wasps were observed in them. In spring we could occasionally observed the male wasps only, but we could not observed such state at all in early summer.

2) The wasps obtained from the host in autumn were mostly males and very often cases of males only or of a large number of male wasps with a small number of female wasps were also observed.

3) From the eggs which were laid by the matured female wasps, a large number of the female wasps emerged in general with a small number of male wasps.

4) The cocoon masses from which only the male wasps were emerged as the consequence of parthenogenesis were observed in spring a little, but it was numerous in autumn.

土壌浸出液中硫酸根の比色定量法

星　川　玄　児

Colorimetric determination of sulfate in soil extracts.

Genji HOSHIKAWA (Laboratory of Science of Soil and Manure)

(Received September 6, 1956)

硫酸イオン定量に関する報文は莫大な数にのぼり，例えば1954年SCHOLL及びYOUNGによつて編集された文献集には3400の報文が採録されている状態で[28]，その定量方法も一般的な重量，容量，比色法は勿論，イオン交換樹脂による置換滴定法[24]，キレート滴定法[19,24,33,36,58,59,61]から電位差滴定法[1]，電流滴定法[16]，高周波滴定法[4,37]，電導度滴定法[8,52,60]まであらゆる領域にわたつている．しかしこのように報告の多いことは一面信頼しうる良法のないことを意味し，少量の硫酸イオンを迅速に定量しうる方法に至つては困難が更に倍加されてくる．従つて最近迅速化されてきた土壌，植物体の系統的分析に於てもCa，Na，Kは炎光分析，Fe，Mn，P等は比色分析で定量されているに拘らずSは依然として重量法によつている状態である[57]．もつとも硫酸バリウム沈澱による重量法も最近最適定量条件を確立するため顕微鏡による沈澱の結晶の形態学的研究が行われる一方[10,43,54]，迅速化のため種種の方法[9,21,64]が提案されてはいるが，容量法，比色法等に比較すればやはり所要時間が長く，更に硫酸イオンが少量の場合にはSEUTHE[51]の指摘している如く結果がかなり低値となる欠点がある．重量法に代るものとして現在までに土壌分析に応用されている方法としては (1) Benzidine-SO_4の沈澱をNaOH溶液に溶解後$KMnO_4$滴定する方法[14]，(2) Na-rhodizonateを指示薬として$BaCl_2$標準液で滴定する方法[31]，(3) $BaCrO_4$-HCl溶液とSO_4^{2-}を置換反応せしめて遊離するCrO_4^-を沃度滴定する方法[5]，(4) $Ba(NO_3)_2$又は$BaCl_2$溶液で電導度滴定する方法[17,38]，(5) 比濁法[6,40]，(6) Ba-acetate溶液による高周波滴定[4]などがあり，何れも一長一短の様であるが，一般的にみて(1)の方法は滴定所要時間がかなり長く，Benzidine-SO_4は水に稍溶けるため硫酸イオン低含量の時は正確度が劣るので盲験補正を必要とし，更に溶解度を減少せしめるためには多量の有機溶媒が必要となるなどの欠点があり[26,36]，(2)の方法については1933年以降の容量法が殆んどRhodizonate又はTetrahydroxyquinone (THQ) を指示薬とする方法になつている程ではあるが[11]，試薬が非常に不安定であり[31,48]（もつとも試験紙として安定化し液外指示薬に使用することも出来るが操作が煩雑[35]）且滴定速度が緩慢で終点の判定が種種の考案にも拘らず[31,41]かなり難しく[12,41,48]，その他THQは最適範囲が狭く[48]硫酸イオン濃度が$N/10$以下では不適当とされ，又多量の有機溶媒を必要とし[48]，Rhodizonic acidでは指示薬として信頼出来ないとする報文さえある[50]．(3)の方法は1877年HINMANが提案して以来多数の文献があり，$BaCrO_4$-HCl溶液を$BaCrO_4$-$HClO_4$溶液に代えたり[7]，沃度滴定の代りに硫酸第一鉄を使用するなど[13,30,32,49,53,56]改良されてはいるが，一体に定量条件によつてバラツキ大きく[5,34]，5～10%の誤差を伴うとされているが[15]，この原因については種種究明されてきている[15,34]．(4)及び(6)の方法は少量硫酸イオンに適し誤差も比較的小さく[4,8,52,60]良法であるが特殊な機器を必要とするのが欠点である．(5)の方法は最近迅速法として広く行われているが均一な沈澱状態の維持が困難なため再現性に難があり[12,31]，これに対する改良法もあるが多量の有機溶媒を必要とする[55]などの他，土壌浸出液などではすべてのコロイドを除去しない限り好結果を得られないとされている[31]．

この様に概観したとき土壌浸出液中の少量の硫酸イオンを迅速に定量することは依然として困難な方法であるといわざるを得ず，問題は今後に残されている訳であるが，土壌分析に於て他成分の定量法が比色を主とする方向に向つている現在ではやはり硫酸イオンも比色によつて定量すれば種種の利便の伴うことは明らかである．現在報告されている比色法としては(1)H_2SとしてMethylenblue発色法[23]，(2)Benzidine-SO_4をHClにとかしての比色法[2]，(3)Thorium Borate-amaranthとSO_4^{2-}の反応で遊離したAmaranthを比色する方法[29]，(4)$BaCrO_4$法で遊離したCrO_4^{2-}を直接比色する方法[20,25,62]，(5)CrO_4^{2-}をdiphenylcarbazideで発色する方法[22]などがあるが，筆者はこのうち多量の試料を迅速に処理出来る一方，最近有機試薬の頻用で一分析当りのコストが高くなる傾向にあるのでこの点も考慮して特殊試薬を使用しない安価な方法として(4)を選んで，その基礎条件の再検討並に土壌浸出液への応用の可否を検討したのでその結果について報告する．

本実験を行うに当り始終御懇篤なる指導を賜つた本学玉置鷹彦教授並に文献閲覧に便宜を与えられた川村信一郎

教授に厚く感謝の意を表する．

尚本研究の要旨は昭和31年7月，日本土壌肥料学会関西支部講演会で報告した．

I 基礎実験

1 試薬及び装置

i 試 薬

クロム酸バリウム溶液：クロム酸カリに塩化バリウム溶液を滴下してクロム酸バリウムを沈澱せしめ，水洗後稀塩酸に溶かして稀アンモニア水で再沈澱する．之を2～3回くり返した後水洗乾燥したもの20gを5％過塩素酸1Lに溶かす．

標準硫酸溶液：硫酸カリでSO_4^{2-} 1mg/ml溶液をつくり必要に応じて稀釈使用した．尚本液は重量法で標定した．

1 *N*酢酸ソーダ溶液

4 *N*酢酸溶液

4 *N*アンモニア水

以上の試薬は何れも特級品をそのまゝ使用し，蒸溜水はCO_2不含の再溜水を用いた．

ii 装 置

吸光度の測定には島津光電分光光度計QB-50型（1cmセル）を使用した．

2 使用波長及び定量濃度範囲の決定

加藤等(25)は水銀燈を光源として使用した場合，2cm セルで水銀輝線366mμでは SO_4^{2-}として2～17γ/mlが，405mμでは10～120γ/mlが夫々Beerの法則に従つて定量可能であるとしているが，Ringbom(47)及びAyres(3)によると単一成分系の比色分析ではBeer の法則への従，不従より，むしろ適当な濃度範囲を選択して正確度の評価を行うことの方が大切であるとしているので，彼等の主張に従つて題記条件を選択することにした．標準硫酸溶液を定容時0～150γ SO_4^{2-}/mlとなる如く50ml定容フラスコにとり，1 *N*酢酸ソーダ溶液と4 *N*酢酸溶液の混液2ml，クロム酸バリウム溶液3mlを加えて（この時のpH 1.1～4.4）2分間振盪後，過剰のクロム酸バリウムを沈澱させるため液が黄色となるまで4 *N*アンモニア水を滴下し5分間静置後定容としてろ過する(25)．このろ液について360～420mμの波長で透過度を測定した．この測定値を片対数方眼紙を使つて縦軸に Absorptancy %，横軸に硫酸イオン濃度をとつてplotするとFig.1 の如くなつた．

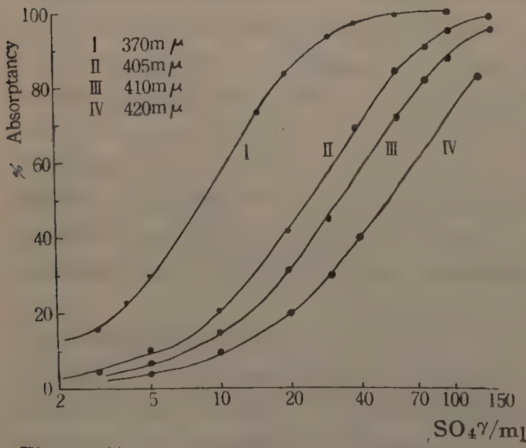


Fig. 1 % Absorptancy-log SO_4 concentration curve

Fig. 1 に於て360～400mμ の波長のものは 370～405 mμ の間に入つてしまうので一応図から省略した．図に於て accuracy 最大の濃度範囲は曲線の勾配（dI/dc/c＝dI/dlnC＝dI/2,303dlogC）最大の部分で，曲線の inflection point附近では殆んど直線となつて示されている．従つてこの図のみでも最適濃度範囲は決定出来るが，上式を変形して求めた次式

% relative analytical error/1%absolute photometric error＝230/dI/dlogC（＝E）

から計算によつて正確に求めることが出来る（Table 1）．

Table 1に於て波長370mμでは4～20γ SO_4^{2-}/ml，405mμでは15～60γ SO_4^{2-}/ml，410mμ では20～80γ SO_4^{2-}/ml，420mμ では30～γ SO_4^{2-}/mlで夫々accuracyが最大となるので，出来るだけ広範囲に亘つて定量可能とするためには370，410mμの波長を使用すれば4～80γ SO_4^{2-}/ml の範囲で最大の accuracy をもつて定量可能なことがわかる．従つて以後の実験では4～20γ SO_4^{2-}/ml の低濃度時は370mμ，20～80γ SO_4^{2-}/mlの高濃度の時は410mμの波長を夫々使用することとした．尚Fig. 1に於て曲線の inflectionが63.2%absorptancy でおこつてい

Table 1 Range and accuracy

Wave length mμ	SO_4 concn. γ/ml	E	Opt. range γ/ml	E
370	2～ 3	10.1	4～20	2.8
	3～ 4	4.8		
	4～ 5	2.8		
	5～ 20	2.8		
	20～ 25	4.5		
	25～ 30	4.5		
	30～ 40	6.9		
405	5～ 10	6.3	15～60	2.8
	10～ 15	3.4		
	15～ 60	2.8		
	60～ 80	3.8		
410	5～ 10	8.5	20～80	2.8
	10～ 15	5.1		
	15～ 20	3.2		
	20～ 80	2.8		
	80～100	3.8		
	100～120	4.6		
	120～150	5.8		
420	20～ 30	4.1	30～	2.8
	30～ 40	2.8		

E=% relative anal. error/1% absolute photometric error
=230 dI/dlogC

実際に硫酸イオンが完全に置換されるならば両軸の対応値を結ぶ線は対角線となる筈であるが，370,410mμ共に存在量より測定値の方が低値となつている．之は恐らく置換時にクロム酸イオンと硫酸イオン間に Ba と対する競合がおこつて硫酸バリウムが完全に沈澱しないためか，又はクロム酸イオンのクロム酸バリウムへの吸着に起因するものと考えられる．しかし両者の間には図の如き直線関係が存在するので，既知硫酸イオン量について検量線を求めておけば実際の定量には差支えない訳である．

ることより，改めてabsorbancy-濃度のグラフを書いて検討するまでもなく，この範囲では Beer の法則に従うことは明白である．

3 クロム酸バリウムと硫酸イオンの置換

クロム酸バリウムと硫酸イオンの置換については従来も論義されているところであるが[22,35]，本報では定量された硫酸イオン量が果して存在する硫酸イオン量をそのまゝ示すものであるか否かについて検討した．即ち上記と同様の操作で370,410mμでの硫酸イオン各種濃度の透過率（即ち置換遊離したクロム酸イオンの透過率）を求めて縦軸に，存在する硫酸イオンがすべて置換したと仮定した時に生ずるクロム酸イオン濃度の透過率を横軸にとつてplotすれば Fig. 2 の如くなつた．

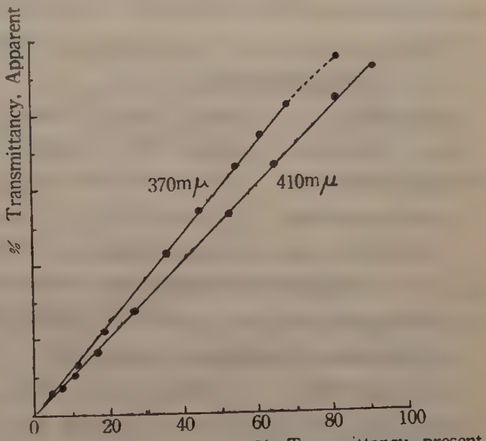


Fig.2 Relationship between actual and apparent sulfate content

4. 過剰のクロム酸バリウム沈澱時のアンモニア水添加量と沈澱完成のための放置時間

加藤等[25]はアンモニア水は0.5Nまでは影響なく放置時間は5分間で充分としているが，Manov 及びKirk[34]はアンモニア水中炭酸イオンが$BaCrO_4+CO_3 \rightarrow BaCO_3+CrO_4$の置換反応をおこし，5分間放置と30分間放置では後者が盲験のクロム酸量に於て約5倍の増加を来すとしているので，市販特級アンモニア水（ウロコ印）を使用して5～120分間放置時の影響をみたが，5～60分間では全く変化なく120分で僅かに透過率が減少した．之はクロム酸バリウムと炭酸イオンの反応の平衡恒数$K=CrO_4/CO_3=0.126$(100°C)[34]であり，且アンモニア使用量が少量なので特級アンモニア水中の炭酸イオン量では恐らく影響が出なかつたものと思われる．尚5～120分間静置の間に透過率の増大が認められなかつたことよりみて，沈澱完成のための放置時間は5分間で充分であることが確認された．土壌分析では多数の試料を同時に併行して分析することがしばしばあるが，上記の如く放置時間に広い巾があれば操作の上に於て甚だ便利であることは言をまたない．

5 妨害イオンの影響

之についても加藤等[25]の研究があるので特に土壌浸出液に関係のあるCa^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Mn^{2+}, NO_3^- PO_4^{3-}についてのみ追試の結果之を確認した．即ち PO_4^{3-} 以外のイオンは普通の土壌浸出液中に含有される程度では妨害しないと考えられるが，ただPO_4^{3-}は5γ/mlで既に高値の原因となるので除去する必要がある．PO_4 5γ

/ml，SO_4 10γ/ml，PO_4 5γ/ml及びSO_4 10γ/ml，PO_4 5γ/ml及びSO_4 10γ/mlに$FeCl_3$溶液50γ/ml添加のもの（PO_4 はNa_2HPO_4として）について上記と同様の操作で吸光度を測定したところ，過剰のクロム酸バリウムを沈澱させるため4Nアンモニア水を加えてアルカリ性としたときりん酸イオンとクロム酸イオンの置換がおこつて高値の原因となる様であり，又予め除去しなくても土壤浸出液中に普通含有される5p.p.m.以下程度のりん酸イオン(31)は50γ/ml程度のFe^{3+}添加によつてその影響をさけうることを認めた．尚塩酸浸出液使用の時はアンモニア水による中和の際に塩化アンモンが出来るのでこの影響も併せてみたが，370mμ（SO_4^{2-}10γ/ml）では1gまで，410mμ（SO_4^{2-}50γ/ml）では5gまでは影響がなかつた．これ以上の量では添加量に比例して高値となつた．之は塩類共存による難溶性クロム酸バリウムの溶解度の増加によるものと考えられる．又還元性物質はクロム酸イオンを還元して低値の原因となるので存在するとき時はCl水によつて酸化した．

Ⅱ　土壤浸出液に関する実験

1.　土壤中硫酸イオンの水浸出とN/1000塩酸浸出の比較

両者では浸出硫酸イオン量に殆んど差がなく且後者の方がより透明な液が得られる(31)ので本法に於てもN/1000塩酸浸出を行つた．浸出時間は2時間，使用浸出液量は土壤10gに対して25mlとした．尚この程度の塩酸濃度では後のアンモニア水添加で生じる塩化アンモン量も問題とならない．Rashevskava(54)によると0.2N塩酸又はN塩安で浸出する方がよいとしているが一般にはこの必要はないものと思われる．

2.　着色有機物の除去

着色有機物については重量法，比色法，比濁法ともに問題となるところで之についてはLittle(31)の詳細な研究がある．筆者は過マンガン酸カリ等による破壊には不備な点があり，アンモニア・アルカリ性下での過酸化水素処理は操作が複雑(45)なところより，Yuen及びPollardのactivated charcoalによる吸着除去法(63)を検討した．

i Charcoalの精製

メルク製charcoalに10倍量の濃塩酸を加えて3時間煮沸する操作を2回繰返した後Cl′反応がなくなるまで水洗，ついで200ml N NaCl溶液で処理，ついで95%アルコールでCl′反応がなくなるまで洗滌後乾燥した．（以下単にcharcoalと呼ぶのはこの活性化した精製charcoalである）．

ii　Charcoalによる硫酸イオン吸着の有無

Charcoalの無機イオンの吸着はNH_4-N，NO_3-N，P_2O_5，K，Ca，Mg，Mnについては報告があるが(63)，SO_4については実験されていない．10γ SO_4/ml,50γ SO_4/mlのものにcharcoalを添加して時時振盪しつゝ10分間放置後ろ過したものについて吸光度を測定した結果はTable 2(1)のごとくで0.1～0.3g/25ml程度のcharcoalではSO_4の吸着は殆んど起らない．

Table 2 (1)　Absorption of sulfate ion by purified activated charcoal

SO_4γ/ml	ml of SO_4 soln. used	g of charcoal per 25 ml	Absorbancy 370mμ	Absorbancy 410mμ
10	20γ/ml　50ml	—	0.357	
		0.1	0.362	
		0.2	0.354	
		0.3	0.357	
50	100γ/ml　50ml	—		0.454
		0.1		0.456
		0.2		0.446
		0.3		0.449

iii Charcoalによる着色有機物吸着能力

土壤のN/1000塩酸浸出液は一般に黄色で360～420mμの波長では長波長側ほど吸光度が減少してゆく．今三種土壤のN/1000塩酸浸出液について原液の吸光度を測定すると共に前記と同様のcharcoal処理によつて吸収が如何に減少するかをみた（Table2(2)）．即ち浸出液25mlを脱色するにはcharcoal 0.1gあれば充分であると思われる．

Table 2 (2)　Decolorization of soil extracts

	(Absorbancy) I 370mμ	I 410mμ	II 370mμ	II 410mμ	III 370mμ	III 410mμ
Original extracts	0.052	0.018	0.140	0.063	0.074	0.032
Decolorization by charcoal (0.1g/25ml)	0.000	0.000	0.009	0.007	0.003	0.000
〃 (0.2g/25ml)	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
〃 (0.3g/25ml)	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000

iv　土壤浸出液のcharcoal処理

Table 2 (3) Comparison of sulfate values in soil extracts treated by activated charcoal with not treated

	Treatment (charcoal 0.1g/25ml)	ml of extracts	Absorbancy 370mμ	Absorbancy 410mμ
I	None	25.0	0.534	
	Treat.	25.0	0.469	
II	None	12.5		0.831
	Treat.	12.5		0.824
III	None	25.0		0.398
	Treat.	25.0		0.387

が硫酸イオン測定値に及ぼす影響

以上の結果に基いて土壌の$N/1000$塩酸浸出液を charcoal 0.1g/浸出液 25ml で処理したものとしないものとについて上記の方法で硫酸イオンを定量したが (Table2(3)), 未処理の測定値は処理の場合より明らかに高値に出て処理の必要を示している.

Ⅲ 定 量 法

以上の結果より次の定量法を決定した.

土壌20gに$N/1000$ 塩酸50ml を添加して２時間振盪後ろ過する. ろ液に charcoalを25mlに0.1gの割で加えて10分間時間振盪しつゝ放置してろ過する. ろ液25mlを50ml定容フラスコにとつて軽く煮沸, N醋酸ソーダ及4N醋酸の混合液並にクロム酸バリウム溶液 3mlを加える (この時のpH 1.1～4.4) ２分間振盪後4Nアンモニア水を振盪しつゝ滴下して完全に黄色ならしめる. ５分間静置後定容としてろ過し, そのろ液の吸光度を1cmセルを使用して370又は 410mμの波長で測定し, 別に標準硫酸溶液について上記方法で求めた検量線から濃度を求める.

野田[39]によると日本各地の水田, 畑29ヶ所の土壌水浸出液中 SO_3 含量は平均 0.004～0.0126%の範囲にあるので, 上記方法によつて求めると SO_4 として9.5～30.0γ/mlとなり同一操作で充分測定可能な範囲にある. 尚 80γ SO_4 /mlをこえる土壌では浸出液量を半分に減らすか100ml定容フラスコを使用すれば殆んどの土壌について支障がないものと思われる.

Ⅳ 数種土壌浸出液の本法と重量法の比較

土壌浸出液中少量の硫酸イオンを常法の重量法で定量した結果は必ずしも当を得たものでないことは Little[31] の示す通りであり今度の場合も重量法の結果を存在量として本法の結果との差をもつて誤差とすることは疑問と思われるので, 一応両値の差をとつて参考とするに止めた. 尚重量法の値は浸出液量を試料の許す限り多量にとり更に濃度を増すため標準硫酸溶液一定量を加えて２回定量したものの平均値であり, 本法の値は３回の平均値である. (Table 3).

Table 3 Comparison of proposed method with gravimetric method

Sample	ml of extracts	This method SO_4 %	Gravimetry SO_4 %	Difference %
Paddy soil 1	25.0	0.0052	0.0049	+0.0003
〃 2	25.0	0.0080	0.0082	−0.0002
Pond mud 1	12.5	0.0910	0.0918	−0.0008
〃 2	25.0	0.0198	0.0195	+0.0003
〃 3	25.0	0.0116	0.0116	±0.0000
Paddy soil 3	25.0	0.0087	0.0083	+0.0004
Pond mud 4	12.5	0.0520	0.0530	−0.0010
〃 5	12.5	0.0634	0.0603	+0.0031
〃 6	12.5	0.0420	0.0425	−0.0005

Ⅴ 結論並に要約

以上$N/1000$塩酸土壌浸出液中少量の硫酸イオンを比較的簡単に且迅速に定量しうる方法としてクロム酸バリウムで置換遊離したクロム酸イオンを直接比色する方法を試みたが, 本法は感度が稍劣るが定量可能範囲が割合広く, 又発色による比色法の如く処理後測定までの時間が可成り短いのと異なり, 放置時間が長くとも全く影響をうけないので, 多数の試料を一度に同一操作で処理することが出来, 土壌分析には便利であると考えられる. 得られた結果の大要は次の如くである.

1) Ringbom並びに Ayres の方法に従つて使用波長並に最適濃度範囲を求めたところ, 1cmセルを使用して370 mμでは4～20γ SO_4/ml, 410mμでは20～80γ SO_4/mlが最大のaccuracyをもつて定量可能であつた.

2) クロム酸バリウムと硫酸イオンの置換は完全にはおこらず存在量より測定値が常に低値であつたが両者間に

は比例的関係があるので定量には差支えなかつた.

3) 浸出液中着色有機物はYUEN及びPOLLARDのactivated charcoal によつて硫酸イオンを吸着されることなく除去可能であつた. 使用量は浸出液25mlに対して0.1gで充分であつた.

4) 本法によつて得られた結果は概ね重量法と一致した.

参 考 文 献

(1) AGASYAN, P. K. : *Vestnik Moskov. Univ.*, **8**, No.8 (1953) ; *C. A.*, **48**, 2521 (1954).

(2) ANDERSON, L. : *Acta Chem. Scand.*, **7**, 689 (1953) ; *C. A.*, **49**, 97 (1955).

(3) AYRES, G. H. : *Anal. Chem.*, **21**, 652 (1949).

(4) BIEN, G. S. : *ibid.*, **26**, 909 (1954).

(5) CANTINO, E. C. : *Soil Sci.*, **61**, 361 (1946).

(6) CHESNIN, L., YIEN, C. H. : *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **15**, 149 (1950).

(7) ELSERMANN, E., WUNDERLICH, G. : *Z. anal. Chem.*, **134**, 96 (1951).

(8) FISCHER, R. B., CHEN, W. K. : *Anal. Chim. Acta*, **5**, 102 (1951) ; *C. A.*, **45**, 3760 (1951).

(9) FISCHER, R. B., RHINEHAMMER, T. B. : *Anal. Chem.*, **25**, 1544 (1953).

(10) FISCHER, R. B., RHINEHAMMER, T. B. : *ibid.*, **26**, 244 (1954).

(11) FRITZ, J. S., FREELAND, M. Q. : *ibid*, **26**, 1593 (1954).

(12) FRITZ, J. S., YAMAMURA, S. S. : *ibid.*, **27**, 1461 (1955).

(13) GEILLMANN, W., BRETSCHNEIDER, G. : *Z. anal. Chem.*, **139**, 412 (1953); *C. A.*, **48**, 503 (1954).

(14) HIBBARD, P. L. : *Soil Sci.*, **8**, 61 (1919).

(15) 平野四蔵, 日原　章 : 山梨大工(1950).(山梨大図書館の好意により全文筆記の寄贈をうけた)

(16) HITCHEN, A. : *Can. Dept. Mines and sorveys, Mines Branch Topical Rept.*, No. TR-106/52, 10 pp; *C. A.*, **47**, 4247 (1952).

(17) HOON, R. C., PATHAK, A. D. : *Indian J. Agr. Sci.*, **15**, 50 (1945) ; *C. A.*, **42**, 3114 (1948).

(18) HORTON, A. D., THOMASON, P. F. : *Anal. Chem.*, **23**, 1859 (1951).

(19) 飯盛喜代春 : 日化, **75**, 613 (1954).

(20) IL'INSKAYA, A. A., KITAEVA, S. Kh. : *Bumazh. Prom.*, **27**, No. 12, 7 (1952) ; *C. A.*, **47**, 2984 (1953).

(21) ISAKOV. P. M., SHIPUNOVA, L. G. : *Nauch. Byull. Leningrad Gosudarst. Univ.*, **1946**, No.13, 8 ; *C.A.*, **42**, 4496 (1948) .

(22) 岩崎岩次, 内海　喻, 樽谷俊和 : 日化, **74**, 400 (1953).

(23) JOHNSON, C. M., NISHITA, H. : *Anal. Chem.*, **24**, 736 (1952).

(24) 垣花秀武 : 日化, **71**, 481 (1950).

(25) 加藤　武, 野溝靖璋, 新良宏一郎 : 日化 **76**, 373 (1955).

(26) KELLER, R. E., MUNCH, R. H. : *Anal. Chem.*, **26**, 1518 (1954).

(27) 木羽敏泰, 岸　郁子 : 分析化学第4年会要旨集, p, 36(1955)

(28) 小玉数信 : 化学の領域, **9**, 39 (1955).

(29) LAMBERT J. L., YASUDA, S. K., GROTHEER, M. P. : *Anal. Chem.*, **27**, 800 (1955).

(30) LEITHE, W. : *Mihrochemie ver. Mikrochim. Acta*, **33**, 173 (1947) ; *C. A.*, **48**, 1846 (1948).

(31) LITTLE, R. C. : *J. Sci. Food Agric.*, **4**, 336 (1953).

(32) LUPIN, O. V. : *Chem.-Ztg.*, **68**, 128(1944) ; *C. A.*, **40**, 7458 (1946).

(33) MANNS, T. J., RESCHOVSKY, M. U., CERTA, A. J. : *Anal. Chem.*, **24**, 908 (1952).

(34) MANOV, G.G., KIRK, P. L. : *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, **9**, 198 (1937).

(35) 向山朝之 : ケミカルタイムズ, **No.15**, 247(1955).

(36) MUNGER, J. R., NIPPLER, R. W., INGOLS, R. S. : *Anal. Chem.*, **22**, 1455 (1950).

(37) MUSHA, S. : *Sci. Repts. Research Inst. Tohoku Univ. Ser. A.*, **4**, 575 (1952).

(38) 西垣直久 : 農及園, **8**, 721 (1933).

(39) 野田昌也 : 浪大紀要B, **3**, 1 (1953).

(40) 野田昌也, 駒井　豊 : 土壌肥料学会関西支部講演会 (1953).

(41) OGG, C. L., WILLITS, C.O., COOPER,F. J. : *Anal. Chem.*, **20**, 83 (1948).

(42) OHLWEILER, O. A : *Anal. Chim. Acta*, **9**, 476 (1953) ; *C. A.*, **48**, 2521 (1954).

(43) OKADA, S., MAGARI, S. : *Anal. Chem.*, **27**,

1481 (1955).

(44) 岡 好良, 松尾茂樹 : 日化, **74**. 618 (1953).

(45) Plice, M. J. : *Soil Sci.*, **33**, 213 (1932).

(46) Rashevskava, I. M. : *Pochvovedenie*, **1954**, No.9, 72 ; *C. A.*, **49**, 5745 (1955).

(47) Ringbom, A. : *Z. anal. Chem.*, **115**, 332(1939).

(48) 擲田雄三 : ケミカルタイムズ, **No.8**,131(1952).

(49) 佐藤孝一郎, 三川 礼, 高崎千鶴子 : 工化, **54**, 717 (1951).

(50) Schroeder, W. C. : *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, **5**, 403 (1933).

(51) Seuthe, A. : *Arch. Eisenhüttwes.*, **11**, 345 (1937/38) ;三井三郎 : 最新の分析化学, **No.3**, 35 (1952).

(52) Spillner, F., Yoigt, U. : *Angew. Chem.*, **66**, 198 (1954) ; *C. A.*, **48**, 6915 (1954).

(53) Szypowski, W. : *Rocaniki Państwowego Zakladu Hig.*, **1**,87 (1950) ; *C. A.*, **45**, 6779 (1951).

(54) 高木克己 :静岡大工, **5**, 136, 140, 143 (1954).

(55) 滝山一善, 水渡英二 :分析化学, **3**, 291 (1954).

(56) Tamiya, N. : *J. Japan Biochem. Soc.*, **22**, 59 ; *C. A.*, **45**, 1189 (1951).

(57) Toth, S. J., Prince, A. L., Wallace, A., Mikkelsen, D. C. : *Soil Sci.*, **66**, 459 (1948).

(58) Ueno, K. : *Anal. Chem.*, **24**, 1363 (1952).

(59) 上野景平, 山口靖人 :分析化学, **3**, 331(1954).

(60) Vorobe V, N. I. : *Gidrokhim. Materialy, Akad. Nauk U. S. S. R.*, **21**, 121(1953) ; *C. A.*,**48**, 10963 (1954).

(61) Wilson, H. N., Pearson, R. M., Fitzgerald, D. M. : *J. Appl. Chem.*, **4**, 488 (1954).

(62) Ypsilanti, G., Grube, R. M. : *S. African Ind. Chemist.*, 228 (1954) ; *C. A.*, **49**, 5207 (1955).

(63) Yuen, S. H., Pollard, A. G. : *J. Sci. Food Agric.*, **4**, 503 (1953).

(64) Zombory, L., Vigh-Somogyi, A., Pinter,T. : *Acta Chim. Acad. Sci. Hung.*, **3**, 519 (1953) ; *C. A.*, **48**, 7493 (1954).

Résumé

Classical methods for sulfate determination are not, in genearl, suitable for determining readily soluble sulfates in soils. This investigation was made to find a simple and rapid method for the determination of sulfate extracted by 0.001*N* HCl solution.

The general procedure is as follows:

Add 50 ml of 0.001*N* HCl to 20 g of air-dried soil (passing a 2-mm sieve), shake on a 'to and fro' shaker for two hours, and filter. Then add 0.1 g of NaCl-treated HCl-purified activated charcoal (Yuen and Pollard, 1953) for decolorizing 25 ml of filtrate. After occationally shaking for 10 minutes, filter off the charcoal-solution mixture. Transfer 25 ml of filtrate into 50-ml volumetric flask, boil gently for a few minutes, add acetate buffer and 3ml of 2% $BaCrO_4$-$HClO_4$ solution(pH 1.1-4.4 at this time), shake for 2 minutes, and add 4*N* NH_4OH until the solution turns to yellow. After standing for 5 minutes, fill up, filter, and measure with spectrophotometer (1 cm-cell) at 370 mμ (4—20γ SO_4/ml) or 410 mμ (20—80γ SO_4/ml).

The method is applicable to soils of a wide range of sulfate contents.

Volume 8, No. 1 (Serial No. 22) December, 1956

TECHNICAL BULLETIN OF FACULTY OF AGRICULTURE, KAGAWA UNIVERSITY (KAGAWA AGRICULTURAL COLLEGE)

COMMONWEALTH INSTITUTE OF ENTOMOLOGY LIBRARY
16 OCT 1959
SERIAL As. 130
SEPARATE

CONTENTS

NODA, Aizo; HAYASHI, Jintaro: Studies on the root of seedlings in an early and a late cultures of rice plants. Preliminary report. Relation between the amount of root and the volume of absorbed water in rice seedlings. 1
FUKAKI, Sadayoshi; KONDO, Masaru: The investigation on the tillering of rice plants (*Oryza sativa*). IV. Upon the translocation of the plant-substance in the age of earing from the point of the specific powder gravity of rice, wheat and barley plants. 8
KUWADA, Hikaru: YAMAMOTO, Kiyoshi: The form of existence of carotenoid pigments and the volume of carotene in sweet potatoes. 15
UEKI, Kunikazu: The varietal difference of the response of flowering and fruiting in broad bean by changing the night temperature. II. Effect of night temperature upon the flower bud differentiation and the seed ripening period in broad bean varieties. 19
MAEKAWA, Tadao: Studies on the phase of irrigational reservoirs. Preliminary report. 25
On the environment in reservoirs. 36
On the change of water level, water temperature and transparency in reservoirs. 44
KIRA, Hachiro: Studies on the sedimentation in irrigational reservoirs. II. An experimental consideration on the shape and critical fall-velocity of sand and gravel grains in quiescent water. 57
III. On the stratification of sediments in reservoir Jinnaikami. 65
IV. On the stratification of sediments in reservoir Okunodō. 76
MAEKAWA, Tadao; KIRA, Hachiro; WAKIYA, Takeshi; The report of hydralic model tests. III. On the spillway of Mannō Reservoir. 80
NORO, Kimijiro : Effects of the soil reaction and nutrient elements on the growth of the olive. II. Effects of calcium, magnesium and potassium on the growth of the olive tree. 91
NORO, Kimijiro ; HACHIMURA, Fukue : On the waxing of fruit. 100
NAITO, Nakato ; ISHII, Kiyotaka ; OKAZAKI, Tomitoshi : Studies on the relation between the frequency of 2,4-D spray and the outbreak of Helminthosporium blight in rice plants. 110
TANI, Toshikazu : Some cultural characters of *Glœosporium kaki*, and varietal differences in the development of affected lesions as well as in the sporulation on kaki fruits infected by the causal fungus. 115
MATSUZAWA, Hiroshi ; NOZAKI, Nobuo : Investigations on the parasitic activities of *Apanteles glomeratus* L. XIV. Feeding activites of the host, *Pieris rapae crucivora*, which was parasitized by *A. glomeratus*. 121
MATSUZAWA, Hiroshi : XV. On the head capsule width of the host, *Pieris rapae crucivora*, which was parasitized by *A. glomeratus* and the survival of the host after the emergence of the parasite 124
MATSUZAWA, Hiroshi; KAI, Shigenori: XVI. On the sex ratio of adult wasps. 129
HOSHIKAWA, Genji: Colorimetric determination of sulfate in soil extracts. 133

FACULTY OF AGRICULTURE,
KAGAWA UNIVERSITY
(KAGAWA AGRICULTURAL COLLEGE)
Mikityô, Kagawa-ken, Japan